

I. Untersuchungen über die beim Oeffnen und Schliessen einer galvanischen Kette entstehenden Inductionsströme; von E. Edlund aus Upsala.

I.

In der neunten Reihe seiner Experimental-Untersuchungen ¹⁾ über Elektrizität hat Herr Faraday auf die interessanten Erscheinungen zuerst aufmerksam gemacht, die beim Oeffnen und Schliessen einer galvanischen Kette stattfinden, und vorzugsweise sich zeigen, wenn eine Drahtrolle mit einem Kerne von weichem Eisen sich in der Leitung befindet. Wie bekannt, erkannte Herr Faraday diese Erscheinungen sogleich für Inductionsströme, die durch die Einwirkung des galvanischen Stromes auf sich selbst und durch Reaction des durch denselben im Eisen entstehenden und verschwindenden Magnetismus erregt werden. Wie natürlich auch diese Erklärung war, da derartige Inductionsphänomene schon bekannt waren, und die Induction im vorliegenden Falle fast mit Nothwendigkeit vermuthet werden musste, so wurde doch die wirkliche Existenz dieser Ströme von berühmten Naturforschern bezweifelt ²⁾ und zuerst durch Hrn. Jacobi's ³⁾ und besonders durch Herrn Dove's ⁴⁾ sinnreiche Untersuchungen bewiesen. Obschon bald anderthalb Decennien verflossen sind, seitdem die Faraday'sche Entdeckung bekannt wurde, so hat doch noch Niemand, so weit ich weiß, Messungen über diese Inductionsströme ausgeführt. Ueberzeugt, dass eine Kenntniss der quantitativen

1) Pogg. Ann., Bd. 35. S. 413.

2) Repertorium der Physik, Bd. I. S. 328.

3) Pogg. Ann., Bd. 45. S. 132.

4) Pogg. Ann., Bd. 56. S. 251.

Poggendorff's Annal. Bd. LXXVII.

Verhältnisse dieser Ströme von Interesse seyn würde, habe ich darüber einige Versuche angestellt, deren Resultate ich hier mittheile.

II.

Weil der Hauptstrom und der durch denselben inducirte dieselbe Leitung gleichzeitig durchströmen, so besteht die eigentliche Schwierigkeit bei diesen Messungen darin, die zwei Ströme von einander zu trennen oder auf irgend eine Weise die Wirkung des ersten beim Messen des letzten zu annulliren. Da überdies die gedachten Ströme, besonders die, welche durch die bloße Wirkung des Stromes auf sich selbst entstehen, in den meisten Fällen klein und dadurch einer störenden Einwirkung anderer Kräfte leicht ausgesetzt sind, so ist es nothwendig, wenn die erhaltenen Zahlenwerthe auf irgend eine Genauigkeit Anspruch machen sollen, daß alle Umstände, deren störende Einwirkung nicht mit Sicherheit bestimmt werden kann, mit Sorgfalt beseitigt werden. Diese Schwierigkeiten hoffe ich durch das folgende Verfahren größtentheils überwunden zu haben.

Fig. 1, Taf. I: *a* ist eine galvanische Säule, von deren Polen zwei Leitungsdrähte nach *b* und *c* ausgehen. Von *b* und *c* gehen wieder vier Drähte *ce*, *cf*, *bg* und *bh* zu einem Magnetometer bei *k*. Dieses Magnetometer, das sorgfältig vor Luftströmungen geschützt und auf einem festen Stative aufgestellt ist, ist von zwei Lagen von übersponnenem Kupferdrahte umgeben, von denen jede für sich eine geschlossene Leitung von mehreren parallel miteinander liegenden Umwindungen bildet. Nun werden *ce* und *bg* mit der einen und *ef* und *bh* mit der anderen dieser Lagen auf diese Weise vereinigt, daß ein von *c* nach *e* gehender elektrischer Strom die im Magnetometer befindliche Nadel in der Richtung *nmlp*, und ein Strom, der durch den Leitungsdraht *cf* von *c* nach *f* geht, in der entgegengesetzten Richtung *p l m n* umströmt. Zwischen *c* und *d* ist ein, aus einigen neben einander ausgespannten Neusilberdrähten bestehender Rheostat eingeschaltet, wodurch der Leitungs-
4

derstand im Drahte *cenmlpgb* nach Belieben abgeändert werden kann. Der von der Säule *a* ausgehende Hauptstrom theilt sich nun bei *c* und *b*, so daß der eine Theil durch die Leitung *cenmlpgb* und der andere durch *cfplmnhb* hindurchgeht. Mit Hülfe des Rheostats kann der Widerstand der ersten dieser Leitungen so abgepaßt werden, daß die ganze Einwirkung der zwei um das Magnetometer in entgegengesetzter Richtung gehenden Hauptströme aufgehoben wird. Es versteht sich von selbst, daß, wenn die zwei Hauptströme für eine gewisse Intensität sich aufheben, dieß auch für eine andere beliebige Stromstärke der Fall seyn muß. Daraus folgt, daß die Gleichgewichtslage der Nadel von den Variationen der Stromstärke unabhängig ist, und daß die Kette geöffnet und geschlossen werden kann, ohne daß die Nadel davon unmittelbar afficirt wird. Die ringsum das Magnetometer gehenden Umwindungen waren soweit und die davon gebildeten Lagen so breit im Verhältnisse zu den Dimensionen der Nadel, daß, wenn die zwei Hauptströme bei einer bestimmten Lage der Nadel sich ausglich, dieß auch bei jeder anderen Lage derselben, wenigstens weit außerhalb der Gränzen, unter welchen alle folgenden Beobachtungen liegen, der Fall war. Bei *q* war eine einfache Vorrichtung getroffen, wodurch die Kette bequem und gleichförmig geöffnet und geschlossen werden konnte. Um dem Hauptstrom eine entgegengesetzte Richtung geben zu können, war ein Commutator in die Leitung *cab* eingeschaltet. Die Magnetonadel wurde mit einem Fernrohre beobachtet, wie bei magnetischen Beobachtungen gebräuchlich ist. Der Abstand des Spiegels von der Scale war so groß, daß ein Scalentheil sich auf etwas mehr als 40 Bogensekunden belief.

III.

Nehmen wir nun an, daß bei *d* eine Inductionsrolle sich befinde und daß die Kette bei *q* geöffnet werde, so muß in der Rolle ein momentaner Strom inducirt werden. Dieser Strom geht z. B. von *d* nach *e*, dann ringsum das

Magnetometer in der Richtung $nmlpg$, von g über b zurück nach h , darauf wieder um das Magnetometer in der Richtung $nmlp$ bis nach f und von dort endlich über c nach d . Der Inductionsstrom geht also nicht, wie der von der Säule a ausgehende Hauptstrom, durch die beiden Drahtlagen in entgegengesetzter sondern in der nämlichen Richtung, und seine Einwirkung auf die Nadel wird durch die beiden Lagen verstärkt. Die Folge davon ist, daß die Magnetnadel einen Ausschlag machen muß, woraus die GröÙe des Stromes sich bestimmen läßt. Wenn die Kette geschlossen wird, so muß das nämliche Verhältniß stattfinden, doch mit der Ausnahme, daß ein Theil des Inductionsstromes durch die Leitung cab strömt. Aus Ohms Gesetze geht aber hervor, daß die Einwirkung des bei d inducirten Stromes auf die Magnetnadel die nämliche bleibt, wenn auch ein Theil desselben durch die Leitung cab geht, oder, mit anderen Worten, es ist gleichgültig für die Einwirkung auf die Nadel, ob der Leitungswiderstand in cab Null oder unendlich groß ist. Diefs war für die praktische Anwendbarkeit dieser Methode eine Nothwendigkeit, weil man die Messung so kleiner Kräfte auf die unsicheren Bestimmungen des veränderlichen Widerstandes einer Flüssigkeit kaum hätte begründen können. Nennt man nun die Leitungswiderstände $cenmlpgb$, $cfplmnhb$ und cab respective r , r_1 und R ; die beim Oeffnen der Kette in der Rolle d entstehende elektromotorische Kraft k und die beim Schließen entstehende k_1 ; die Einwirkung des Anfangsstromes auf die Nadel A und die des Endstromes E ; so hat man

$$A = \frac{k(\mu + \lambda)}{r + r_1}, \text{ und } \dots \dots (1)$$

$$E = \frac{k_1\mu(r_1 + R) + \lambda k_1 R}{r(r_1 + R) + r_1 R}; \dots (2)$$

worin μ und λ zwei GröÙen sind, von welchen jene der Einwirkung des durch den Leitungsdraht, dessen Widerstand r ist, gehenden Stromes, diese der des Stromes, dessen Widerstand r_1 , proportional ist. Wären die zwei Lagen einander vollkommen gleich, so würde natürlich $\mu = \lambda$ seyn.

Nun sind aber die Leitungswiderstände r und r_1 so abgepaßt, daß die zwei Hauptströme einander aufheben. Man hat also

$$\mu r_1 = \lambda r.$$

Wenn man hieraus den Werth von μ in die Gleichungen (1) und (2) setzt, so wird

$$A = \frac{k\lambda}{r_1}, \text{ und } \dots \dots \dots (3)$$

$$E = \frac{k_1 \lambda (r + \frac{Rr}{r_1} + R)}{r_1 (r + \frac{Rr}{r_1} + R)} = \frac{k_1 \lambda}{r_1} (4)$$

Hieraus ergibt sich, daß, wenn die zwei beim Oeffnen und Schließens der Kette entstehenden Inductionsströme in der That gleich groß sind, ihre Einwirkung auf die Nadel nach unserer Beobachtungsmethode die nämliche werden muß. Diese Folgerung aus Ohm's Gesetze wurde durch directe Versuche bestätigt.

IV.

Um die Stärke des inducirten Stromes zu bestimmen, bediente ich mich folgender Methode als der bequemsten.

Wenn r und r_1 so abgepaßt sind, daß die zwei Hauptströme einander aufheben, und man dann einen Widerstand p bei c in den Leitungsdraht ce einfügt, wodurch r in $r + p$ verwandelt wird, so muß die Magnetnadel einen Ausschlag S_p machen, und man erhält

$$S_p = \frac{k\lambda p}{R(r+p+r_1) + (r+p)r_1}$$

Nennt man den durch die Drahtrolle d gehenden inducierenden Strom J_p , so hat man

$$J_p = \frac{k r_1}{R(r+p+r_1) + (r+p)r_1}$$

Für einen anderen Elektromotor erhält man auf dieselbe Weise, wenn der nämliche Widerstand p eingeschaltet wird

$$S_p = \frac{k'\lambda p}{R'(r+p+r_1) + (r+p)r_1} \text{ und } J_p = \frac{k'r_1}{R'(r+p+r_1) + (r+p)r_1}$$

Hieraus findet man

$$\frac{S_p}{S_p'} = \frac{J_p}{J_p'} = \frac{R'(r+p+r_1) + (r+p)r_1}{R(r+p+r_1) + (r+p)r_1} \times \frac{k}{k'}$$

Nun sucht man aber nicht das Verhältniß zwischen J_p und J_p aus dem beobachteten zwischen S_p und S_p zu finden, sondern das Verhältniß zwischen den inducirenden Strömen, wenn p gleich Null ist, d. h. zwischen J und J' , wenn diese durch die Gleichungen

$$J = \frac{kr_1}{R(r+r_1)+rr_1}, \quad J' = \frac{k'r_1}{R'(r+r_1)+rr_1}$$

bestimmt werden.

Wenn man nun $\frac{J_p}{J'} = \frac{J}{J'}$ setzt, so begeht man einen Fehler, der gleich ist

$$\pm \frac{r_1 p (r+r_1) (R-R')}{[R(r+r_1)+rr_1+(R+r_1)p][R'(r+r_1)+rr_1]} \times \frac{k}{k'}$$

Dieser Fehler war aber in den folgenden Versuchen so unbedeutend, daß man keine Rücksicht darauf zu nehmen brauchte. Der bei c eingeschaltene Widerstand p bestand nämlich aus einem Kupferdrahte von anderthalb Meter Länge von derselben Art, wie der in der Rolle d , der eine Länge von mehr als 300 Meter besaß. r war also, sogar wenn man den nicht unbedeutenden Widerstand in den Umwindungen des Magnetometers vernachlässigt, mehr als 200 Mal größer als p . Vernachlässigt man nun $(R+r_1)p$ im Nenner des vorstehenden Ausdruckes und setzt $200 p = r = r_1$, was approximativ richtig ist, so findet man, daß der erwähnte Fehler nicht größer seyn kann, als

$$\pm \frac{(R-R')}{100 r \left(\frac{2R}{r} + 1 \right)^2} \frac{k}{k'}$$

Der Werth dieses Ausdruckes näherte sich nur einmal (als eine große Rolle in den ungetheilten Leitungsdraht eingeschaltet war) einem halben Procennte des Verhältnisses $\frac{J}{J'}$. Bei den übrigen Versuchen lag derselbe bedeutend unter dieser Gränze und es war daher nicht nöthig denselben in Betracht zu nehmen. Der anderthalb Meter lange Kupferdraht war mit dem einen Ende bei c befestigt, und um die Stromstärke zu messen, brauchte man bloß ce von c zu trennen, das andere Ende des Drahtes einzusetzen und

den dadurch bewirkten Ausschlag, sobald die Nadel zur Ruhe gekommen war, zu beobachten. Die Stromstärke wurde auf diese Weise gewöhnlich zwei oder drei Mal vor und nach jedem Versuche gemessen und hieraus das Mittel genommen.

V.

Weil die Widerstände r und r_1 beinahe gleich groß seyn mußten, damit die zwei Hauptströme einander aufheben könnten, und bei d eine Drahtrolle von bedeutendem Widerstande eingeschaltet war, so mußte auch in dem anderen Leitungsdrahte ein entsprechender Widerstand eingefügt werden. Zu diesem Zwecke konnte man indessen aus bekannten Gründen nicht einen dünnen Metalldraht oder eine schlecht leitende Flüssigkeit benutzen, sondern mußte sich eines Drahtes, von ungefähr derselben Beschaffenheit, wie der in der Rolle d , bedienen. Um zu verhindern, daß in dieser Rolle, wie in der Rolle d , ein Inductionsstrom entstände, der den in d inducirten aufgehoben haben würde, wurde der Draht über zwei Glasstangen, die drei Meter von einander abstanden, gewunden und die verschiedenen Drähte zusammengebunden. Dadurch kamen Ströme von derselben und der entgegengesetzten Richtung neben einander zu liegen, wodurch die wechselseitige Induction größtentheils aufgehoben wurde. Es ist deutlich, daß dies auch mit der Induction in den Umwindungen des Magnetometers der Fall seyn mußte, weil dieselbe in den beiden Lagen in entgegengesetzter Richtung stattfand.

VI.

Das vorstehende Verfahren wäre in seiner Anwendung sehr einfach, wenn nicht ein Umstand hinzukäme, der berücksichtigt werden muß. Der galvanische Strom bewirkt nämlich eine Temperaturveränderung in den Leitungsdrähten, welche eine Veränderung des Widerstandes verursacht. Da diese Veränderung des Widerstandes in den beiden Drähten, durch welche die zwei Hauptströme gehen, selten

gleich groß ist, so folgt daraus, daß, wenn auch diese für einen Augenblick sich gegenseitig aufheben, dieselben doch nach Verlauf einiger Zeit die Magnetnadel aus der Gleichgewichtslage ablenken werden, die sie unter dem alleinigen Einflusse des Erdmagnetismus einnehmen würde. Bei einigen der folgenden Versuche war die Nadel auf diese Weise nach zwei Minuten (ungefähr die Zeit zweier aufeinander folgenden Beobachtungen) um drei Scalentheile von ihrer wahren Gleichgewichtslage entfernt. Obgleich dies wohl keinen sehr erheblichen Einfluß auf die Bewegungen der Nadel haben kann, so ist es doch nothwendig denselben näher zu untersuchen.

VII.

Da die Einwirkung der Hauptströme auf die Magnetnadel nicht vollkommen aufgehoben wird, so sind μr_1 und λr nicht mehr einander gleich, woraus folgt, daß die Gleichungen (3) und (4) nicht gültig und folglich die zwei Inductionsströme nicht unmittelbar miteinander vergleichbar sind. Setzt man nun $\mu r_1 = \lambda (r \pm \delta)$ und eliminirt μ aus den Gleichungen (1) und (2), so erhält man

$$A = \frac{\lambda k}{r_1} \pm \frac{k \delta \lambda}{r_1 (r + r_1)};$$

$$E = \frac{k_1 \lambda}{r_1} \pm \frac{k_1 \delta \lambda}{r_1 \left(r + \frac{R r_1}{r_1 + R} \right)}.$$

In den meisten Fällen war es hinreichend einige Zoll von dem Neusilberdrahte einzuschalten oder auszuschließen, um die Magnetnadel in ihre frühere Gleichgewichtslage zu bringen. δ ist also eine sehr kleine Größe im Verhältnisse zu r und r_1 ; woraus folgt, daß man das letzte Glied in den beiden vorstehenden Gleichungen vernachlässigen kann, um dadurch wieder zu (3) und (4) zu gelangen. Da es sehr leicht war, diese Folgerungen aus dem Ohm'schen Gesetze zu prüfen, so wurden die folgenden Versuche angestellt. Ein Magnetinductor ¹⁾, der aus einer Drahtrolle be-

1) Dieser Inductor war von Hrn. Prof. Weber für einen anderen Zweck schon früher construirt worden.

stand, in welcher ein runder Holzstab sich aufwärts und abwärts bewegen konnte, wurde bei d in die Leitung eingeschaltet. In den beiden Enden des Stabes waren zwei Magnete mit den feindschaftlichen Polen gegen einander eingesetzt. Der Stab konnte so weit nach oben und nach unten geführt werden, daß der in demselben befindliche Magnet, bis in die Mitte der Rolle kam. Vermittelst eines Hebels wurde der Stab durch einen Tritt mit dem Fulse in Bewegung gesetzt. Hierdurch hatte man also einen Elektromotor von constanter Kraft und man hatte bloß die Ausschläge der Nadel für die beiden Fälle zu beobachten, wo die Leitung cab eingeschaltet oder ausgeschlossen war. Wenn die Ausschläge gleich groß waren, so war es deutlich, daß die Leitung cab keinen Einfluss hatte. Mit Hülfe einer Säule wurden nun r und r_1 so abgepaßt, daß die Einwirkung der zwei Hauptströme auf die Magnetnadel entweder aufgehoben wurde oder einen größeren oder geringeren Ausschlag bewirkte. Dann wurde die Säule gelöst und statt deren entweder ein dicker, einen halben Fuß langer Kupferdraht oder eine Drahtrolle von größerem Widerstande zwischen c und b eingeschaltet. Die Säule konnte als Leitung nicht benutzt werden, weil der von derselben kommende, durch den Magnetinductor gehende Strom den Magnetismus der inducirenden Magnete und folglich auch ihre elektromotorische Kraft verändert hätte. Es war auch natürlicherweise gleichgültig; woraus die Leitung cab bestand.

No. 1.

Die Kette offen $\mu r_1 = \lambda r$

Gleichgew. der Nadel.	Ausschlag.	Unterschied.
510,0	625,0	115,0
510,0	395,3	114,7
510,0	624,9	114,9
509,6	394,9	114,7
509,6	624,8	115,2

Mittel 114,90

No. 2.

Ein $\frac{1}{2}$ Meter langer Kupferdraht war zwischen c und b eingeschaltet. $\mu r_1 = \lambda r$

Gleichgew. d. Nadel.	Ausschlag.	Unterschied.
510,9	625,9	115,0
510,9	396,2	114,7
510,8	625,7	114,9
510,5	396,0	114,5
510,4	625,8	115,4
Mittel 114,90		

No. 3.

Eine Drahtrolle zwischen c und b eingeschaltet. $\mu r_1 = \lambda r$

Gleichgew. d. Nadel.	Ausschlag.	Unterschied.
511,0	625,9	114,9
510,8	396,0	114,8
510,5	625,7	115,2
510,3	395,9	114,4
510,3	625,7	115,4
Mittel 114,94		

No. 4.

Die zwei Hauptströme bewirkten einen Ausschlag von 6 Scalentheilen. Keine directe Leitung zwischen c und b . $\mu r_1 = \lambda (r - \delta)$

Gleichgew. d. Nadel.	Ausschlag.	Unterschied.
509,5	624,5	115,0
509,6	395,0	114,6
509,5	624,3	114,8
509,3	395,0	114,3
509,1	624,0	114,9
Mittel 114,72		

No. 5.

Der $\frac{1}{2}$ Meter lange Kupferdraht war zwischen c und b eingeschaltet. $\mu r_1 = \lambda (r - \delta)$

Gleichgew. d. Nadel.	Ausschlag.	Unterschied.
509,0	623,9	114,9
509,0	394,5	114,5
508,9	623,8	114,9
508,9	394,4	114,5
508,6	623,5	114,9
		Mittel 114,74

No. 6.

Eine Drahtrolle zwischen c und b eingeschaltet. μr_1
 $= \lambda (r - \delta)$

Gleichgew. d. Nadel.	Ausschlag.	Unterschied.
508,7	623,4	114,7
508,8	394,1	114,7
508,5	623,1	114,6
508,4	394,0	114,4
508,1	623,1	115,0
		Mittel 114,68

Weil die drei ersten wie die drei letzten Mittel unter sich gleich sind, so ergibt sich daraus, dafs die Gleichungen (3) und (4) gültig sind, wenn auch die Hauptströme einen Ausschlag von 6 Scalentheilen verursachen, d. h. ungefähr einen doppelt so grofsen, als wie er in den folgenden Versuchen vorkommt. Dafs die Mittel in den drei ersten Versuchen etwas gröfser sind als die in den drei letzten, rührt davon her, dafs bei diesen der Widerstand gröfser war als bei jenen. War der Ausschlag 90 Scalentheile, so bewirkte die directe Verbindung zwischen c und b einen Unterschied von einem und für 280 Scalentheile einen Unterschied von drei Procenten.

VIII.

Wenn die Einwirkung der zwei Hauptströme sich nicht ausgleicht, so würde die Directions-kraft der Nadel nicht die nämliche verbleiben, wenn die Säule in der Leitung sich befände. Ist die Kette offen, so oscillirt die Nadel blofs unter dem Einflusse des Erdmagnetismus und der durch

eine dicke, die Magnetnadel umgebende Metallhülse verursachten Dämpfung. Ist sie aber geschlossen, so wird die Directionskraft der Nadel die Resultante des Erdmagnetismus und der ablenkenden Kraft der Säule. Da aber die durch die Inductions-kraft bewirkten Ausschläge der Nadel klein sind (die größten überstiegen kaum $\frac{1}{3}$ Grad), so ist es leicht einzusehen, daß die Gröfse der Directionskraft der Nadel unverändert bleibt, während die Richtung derselben sich mehr oder weniger verändert. Man kann nämlich für die Sinus der Ausschlagswinkel die entsprechenden Bögen setzen. Was die Dämpfung betrifft, so hat Hr. Gaußs ¹⁾ unter andern gezeigt, daß dieselbe der Geschwindigkeit der Nadel proportional gesetzt werden kann. Diefes geht auch, wie wir sehen werden, aus den Beobachtungen selbst hervor. Nennt man den veränderlichen Ausschlagswinkel x , die Directionskraft der Nadel unter dem alleinigen Einflusse des Erdmagnetismus, dividirt mit dem Trägheitsmomente derselben m , und ist überdies $2n$ eine Gröfse, die von der Dämpfung abhängig und mit dem Trägheitsmomente dividirt ist, so hat man

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = - m x - 2n \frac{dx}{dt}$$

Wenn aber die Kette geschlossen ist, und die zwei Hauptströme einander nicht aufheben, so kommt noch eine neue auf die Nadel wirkende Kraft hinzu, welche, obgleich eigentlich dem Cosinus der Ablenkungswinkel proportional, doch, weil diese sehr klein sind, als vollkommen constant betrachtet werden kann. Diese Kraft ist gleich $m_0 x_0$, wo m_0 die Directionskraft der Nadel unter dem Einflusse des Erdmagnetismus und x_0 den Abstand der zwei Gleichgewichtslagen von einander, in Scalentheilen ausgedrückt, bedeuten. Dividirt man nun $m_0 x_0$ mit dem Trägheitsmomente der Magnetnadel, wodurch m_0 in m übergeht, so erhält man die folgende Differential-Gleichung für den Fall, daß die Kette geschlossen ist,

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = - m x - m x_0 - 2n \frac{dx}{dt} \dots (8)$$

1) Resultate aus den Beobachtungen des magnet. Vereins im Jahre 1837.

Wenn man in dieser Gleichung $y = x + x_0$ setzt, so erhält man

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -my - 2n \frac{dy}{dt} \dots \dots (9)$$

In der Gleichung (9) geht y auf dieselbe Weise ein, wie x in der Gleichung (7), und weil y nichts anders ist, als der veränderliche Abstand der Nadel von der Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen ist, so geht daraus hervor, daß die Nadel auf dieselbe Weise um diese Gleichgewichtslage oscillirt, wie sie, wenn die Kette offen wäre, um die von dem Erdmagnetismus bestimmte Ruhelage oscilliren würde.

IX.

Daraus, daß die zwei Hauptströme einander nicht aufheben, folgt endlich, daß die momentane Einwirkung der Inductionsströme die Nadel nicht in der Gleichgewichtslage trifft, die ihr zukommt, während sie den dadurch bewirkten Ausschlag macht, oder mit anderen Worten, nicht in der Lage, in welcher sie stehen bleiben würde, wenn sie augenblicklich nach dem Ausschlage zur Ruhe gelangen konnte, sondern in einem Punkte p , der um einen oder mehrere (x) Scalentheile von dieser Gleichgewichtslage entfernt ist. Nun leuchtet aber von selbst ein, daß die Geschwindigkeit, die der Magnetenadel in dem Punkte p von dem momentanen Strome ertheilt wird und zufolge deren sie einen bestimmten Ausschlag u , von der Gleichgewichtslage aus gerechnet, macht, die nämliche seyn muß, als die Geschwindigkeit, die die Nadel in demselben Punkte gehabt haben würde, wenn sie von einem Punkte u , gekommen wäre, der so weit von der Gleichgewichtslage abstände, daß die Nadel ohne Einfluß fremder Kräfte denselben Ausschlag u hätte machen können. Um die der Nadel durch den Inductionsstrom ertheilte Geschwindigkeit zu finden, ist es also hinreichend die Geschwindigkeit derselben während einer ungestörten Schwingung in der Nähe der Gleichgewichtslage bestimmen zu können. Die Geschwindigkeit, die die

Nadel im Punkte p haben muß, um den Ausschlag u zu machen, wird also ein Maafs des Inductionsstromes. Die Voraussetzungen, die dabei gemacht sind, dafs die Lage der Nadel hinsichtlich der Umwindungen in einem beliebigen Punkte in der Nähe der Gleichgewichtslage als die nämliche betrachtet werden könne und dafs die Einwirkung des Inductionsstromes in einem einzigen Punkte die Nadel treffe, sind bei dem angewandten Apparate vollkommen erlaubt. Wenn x , m und n dieselbe Bedeutung wie in No. 8 behalten, so hat man für die beiden Fälle, dafs die Kette offen oder geschlossen ist

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -mx - 2n \frac{dx}{dt}$$

Nennt man die Geschwindigkeit der Nadel h , integrirt und bestimmt die Constanten so, dafs die Geschwindigkeit Null und der Ausschlag u , wird, wenn die Zeit Null ist, so erhält man

$$h = -\frac{u_1 m}{\sqrt{m-n^2}} \sin t \sqrt{m-n^2} e^{-nt}; \dots (10)$$

$$x = u_1 \left(\cos t \sqrt{m-n^2} + \frac{n}{\sqrt{m-n^2}} \sin t \sqrt{m-n^2} \right) e^{-nt} \quad (11)$$

Bedeutet T die Zeit einer ganzen Schwingung, so ist

$$T = \frac{\pi}{\sqrt{m-n^2}} \dots \dots \dots (12)$$

Aus den Gleichungen (10) und (11) erhält man

$$h = -nx \pm \sqrt{u_1^2 - \left(\frac{m-n^2}{m}\right) e^{2nt} x^2} \sqrt{m} e^{-nt} \dots (13)$$

Weil in der Gleichung (13) der numerische Werth der Quadratwurzel immer gröfser als nx ist, so muß man, da die Geschwindigkeit nach der Gleichung (10) als negativ zu betrachten ist, immer minus vor die Wurzel setzen, oder wenn man die Geschwindigkeit als positiv ansehen will, so müssen beide Glieder das Vorzeichen plus erhalten. — Nun kann aber nicht u_1 , sondern nur u beobachtet werden. Allein zwischen diesen beiden Gröfsen findet nach der Gleichung (11) das Verhältnifs statt, dafs

$$u_1 = ue^{nT}$$

Um u' aus u zu bestimmen, ist es also notwendig die Dämpfung zu kennen, welche sich mit Genauigkeit auf folgende Weise finden läßt ¹⁾. Der oben beschriebene Magnetinductor wurde in die Leitung eingeschlossen. Nun wurde die Magnetnadel mittelst desselben nach der einen Seite abgestoßen. Dann liefs man die Nadel ihre Gleichgewichtslage frei passiren und auf die andere Seite übergehen. Wenn darauf die Nadel wieder in der Gleichgewichtslage angelangt war, wurde sie durch den Inductor nach derselben Seite hin zurückgeworfen; darauf liefs man sie wieder die Gleichgewichtslage frei passiren und auf die erste Seite übergehen und wenn sie von da wieder in die Gleichgewichtslage kam, wurde sie zurückgeworfen u. s. w. Nachdem die Nadel, auf diese Weise einige Schwingungen gemacht hatte, wurden die Ausschläge durch die Dämpfung constant und die eigentlichen Beobachtungen begannen. Fig. 2, Taf. I macht die Bewegungen der Magnetnadel anschaulich. a ist die Gleichgewichtslage, b und c sind die aufeinander folgenden Ausschläge.

No. X.

Die Gleichgewichtslage der Nadel = 511,5

560,0	604,0	462,0	419,6
560,6	604,0	462,5	419,7
561,2	603,8	463,0	419,5
561,0	604,0	462,5	419,7
560,9	604,0	462,4	419,7
561,0	604,0	462,8	419,9
561,0	604,2	462,5	420,0
561,0	604,0	462,6	419,6
561,0	604,0	462,7	419,5
560,8	603,9	462,3	419,2
560,5	603,9	462,0	419,0
560,82	603,98	462,48	419,58

Subtrahirt man das letzte Mittel von dem zweiten und das dritte von dem ersten und dividirt den letzten Rest mit dem ersten, so erhält man

$$\frac{-nT}{e} = 0,5333 \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

1) Die treffliche Methode die Dämpfung zu bestimmen, gehört Herrn Prof. Weber.

und daraus

$$\log nT = 0,79843 - 1.$$

Wenn der Werth von u_1 und die dem Punkte x entsprechende Zeit in die Gleichung (13) eingesetzt werden, so erhält man die Geschwindigkeit der Nadel in diesem Punkte. Bezeichnet man mit t_0 die Zeit, die die Nadel braucht um bis zu der Gleichgewichtslage zu kommen und mit y die Zeit, die sie nöthig hat um von der Gleichgewichtslage nach x zu gelangen, wobei y positiv oder negativ seyn kann, so hat man für die x entsprechende Zeit $t = t_0 + y$.

Aus den Gleichungen (11) und (12) hat man

$$Tg \frac{t_0 \pi}{T} = - \frac{\pi}{nT} \text{ und daraus } t_0 = 0,563 T.$$

Wenn man p statt $\frac{n}{\sqrt{m}}$ schreibt, so erhält man aus der Gleichung (12)

$$nT = \frac{\pi p}{\sqrt{1 - p^2}}$$

und wird dieses in die Gleichung (15) eingesetzt, so findet man, dafs $p = 0,1962$ und daraus $\frac{n}{\sqrt{m - n^2}} = 0,2001$.

Setzt man statt dieses Ausdruckes dessen Werth in die Gleichung (11) ein, und schreibt $t_0 + y$ statt t , so wird $x = u \left(\cos \left(\frac{t_0 \pi + y \pi}{T} \right) + 0,2001 \sin \left(\frac{t_0 \pi + y \pi}{T} \right) \right) e^{0,437 nT - ny}$ und daraus, weil Cosinus bei der Entwicklung verschwindet

$$\sin \frac{y \pi}{T} e^{-ny} = - 0,7449 \frac{x}{u}$$

Wenn man blofs die erste Potenz von y beibehält, was hinreichend ist, so wird

$$y = - 0,237 \frac{x}{u} T$$

Wenn man in die Gleichung (13) statt t dessen Werth $(0,563 T - 0,237 T \frac{x}{u})$ einsetzt, entwickelt und blofs die

zwei ersten Potenzen von x beibehält, so hat man für die Geschwindigkeit der Nadel in einem beliebigen Punkte in der Nähe der Gleichgewichtslage den folgenden Ausdruck

$$h = \sqrt{m} e^{0,437 n T} \left(u + 0,3 x - 0,27 \frac{x^2}{n} \right) \dots (16)$$

Will man h in Function des primitiven (imaginären) Ausschlages u_1 ausdrücken, so findet man

$$h = \sqrt{m} e^{0,437 n T} \left(0,5333 u_1 + 0,3 x_1 - 0,5 \frac{x_1^2}{n_1} \right) \dots (17)$$

In diesen beiden Formeln ist natürlich x als positiv oder negativ zu betrachten, je nachdem es auf derselben oder der entgegengesetzten Seite der Gleichgewichtslage in Hinsicht auf den primitiven Ausschlag u_1 sich befindet.

Um zu sehen mit welcher Genauigkeit die Geschwindigkeit der Nadel für einen beliebigen Punkt in der Nähe der Gleichgewichtslage sich aus den Gleichungen (16) und (17) finden lasse, kann man dieselbe mit derjenigen vergleichen, die man aus den Gleichungen (10) und (11) erhält.

Wenn man die Gleichung (10) differentiirt, so findet man, daß die Geschwindigkeit der Nadel für $t = 0,437 T$ am größten ist. Wird dieser Werth von t in die Gleichung (11) eingesetzt, so sieht man, daß dies in einem Punkte $x = 0,298 u_1$ stattfindet. Aus den Gleichungen (16) und (17) erhält man dagegen für x $0,296 u_1$ und $0,3 u_1$; welche Werthe sich von dem aus der Gleichung (11) erhaltenen unbedeutend unterscheiden. Da x in den folgenden Beobachtungen diesen Werth nicht übersteigt, so können also die erwähnten Formeln benutzt werden, um die Geschwindigkeit der Nadel mit hinreichender Genauigkeit zu finden.

Im Vorbeigehen kann bemerkt werden, daß aus den Gleichungen (10) und (11) folgt, daß die Zeit, die die Nadel braucht um bis zu dem Punkte zu gelangen, wo die Geschwindigkeit am größten ist, derjenigen Zeit gleich ist, die sie anwendet, um den Bogen u zu beschreiben und

dafs diefs von der Gröfse der Dämpfung unabhängig ist. Im vorliegenden Falle ist diese Zeit $= 0,437 T$.

X.

Wir gehen nun zu den eigentlichen Beobachtungen über.

Nachdem die Inductionsrolle d in den einen, und eine Widerstandsrolle in den anderen Leitungsdraht eingeschaltet, und die Widerstände der zwei Drähte so abgepaßt worden waren, dafs die Hauptströme einander ausglich, so erhielt ich mit einem schwach geladenen Grove'schen Becher beim Oeffnen und Schliesen der Kette einen Ausschlag von 2 Scalentheilen. Dann wurden 80 Meter von der Widerstandsrolle über die in No. 5 erwähnten Glasstangen gewunden, wodurch der Ausschlag bis zu 4,0 Scalentheilen vergrößert wurde. Für die folgenden 78 Meter stieg der Ausschlag auf 5,0; für die darauf folgenden 78 Meter auf 7,5 und endlich für die zuletzt aufgewundenen 78 Meter bis auf 8,5 Scalentheile. Dieses beweist, dafs die zu untersuchenden Inductionsströme von der Einwirkung des Hauptstromes auf sich selbst herrühren. Bei diesen, wie bei allen folgenden Versuchen, war kein Eisen in der Inductionsrolle.

Die Zahlen der 6. und 7. Columnne der folgenden Tabelle sind, wo es nöthig war, nach der Formel (16) berechnet worden. Für die 6. Columnne ist u der Unterschied der Zahlen in der 2. und 3. Columnne und für die 7. Columnne der Unterschied der Zahlen in der 4. und 5. Für die 6. Columnne erhält man x durch Subtraction der Zahlen in der 1. und 3. und für die 7. Columnne durch Subtraction der Zahlen in der 3. und 5.

No. 8.

Ein Grove'scher Becher. Die Stromstärke vor dem Versuche 56,2.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schließen.	Gleichgewichtslage während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Oeffnen.	Schließen.
509,0	521,9	509,2	496,1	509,0	12,8	13,0
509,0	521,8	509,6	497,1	509,0	12,4	12,1
509,0	521,8	509,5	496,9	509,2	12,4	12,4
509,0	521,4	509,0	497,0	510,5	12,4	13,0
509,5	521,4	509,3	497,3	510,0	12,0	12,5
509,0	520,9	509,2	496,1	508,7	11,8	12,7

Mittel 12,30 | 12,62

Die Stromstärke nach dem Versuche 52,1. Das Mittel aus beiden 54,2.

No. 9.

Derselbe Becher wie vorher. Der Strom in der entgegengesetzten Richtung. Die Stromstärke 47,6.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schließen.	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Oeffnen.	Schließen.
505,0	494,9	504,9	516,2	505,0	10,0	11,2
505,0	494,7	504,2	516,0	504,0	9,7	11,9
504,0	493,6	503,1	514,3	502,8	9,7	11,4
502,8	492,4	502,0	513,0	501,8	9,8	11,1
501,8	492,3	503,0	513,8	502,5	10,3	11,1
502,5	493,3	503,6	513,8	502,5	9,9	10,9
503,0	493,8	503,9	513,8	502,0	9,8	11,1
504,0	493,6	503,4	514,9	503,8	10,0	11,2
503,8	493,6	503,0	513,9	503,1	9,6	10,8
503,0	493,3	502,8	513,4	502,9	9,6	10,5

Mittel 9,84 | 11,12

Die Stromstärke 44,3. Das Mittel aus beiden 46,0.

12 *

No. 10.

Zwei Grove'sche Becher. Die Stromstärke 85,2.

Gleichgewichts- lage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Öffnen.	Gleichgewichts- lage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schließen.	Gleichgewichts- lage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Öffnen.	Schließen
500,0	481,0	498,0	518,9	500,8	17,5	18,8
498,0	480,4	498,1	518,0	499,0	17,7	19,3
498,1	480,3	498,3	518,2	500,0	17,9	18,7
498,0	480,8	498,5	516,1	495,0	17,5	19,9
498,5	481,7	498,9	518,2	500,5	17,1	18,1
499,0	482,1	500,3	519,0	501,0	17,8	18,2
499,0	481,5	499,0	518,8	501,5	17,5	18,0
500,0	483,0	500,8	519,5	501,0	17,6	18,6
501,0	483,6	501,0	519,9	500,8	17,4	19,0
500,9	483,0	500,3	519,0	500,3	17,5	18,7

Mittel 17,55 | 18,73

Die Stromstärke 80,9. Das Mittel aus beiden 83,1.

No. 11.

Drei Grove'sche Becher. Die Stromstärke 116,2.

Gleichgewichts- lage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Öffnen.	Gleichgewichts- lage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schließen.	Gleichgewichts- lage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Öffnen.	Schließen.
504,0	478,3	503,8	533,0	504,8	25,6	28,5
504,0	478,6	503,5	532,0	505,0	25,0	27,4
504,0	478,4	503,9	531,1	503,9	25,5	27,2
504,0	479,0	504,1	531,1	504,1	25,1	27,0
504,0	479,1	504,2	531,3	504,0	25,0	27,2
504,0	479,1	504,1	531,5	504,0	25,0	27,5
504,0	479,0	504,4	532,0	504,6	25,3	27,5
505,0	480,2	505,0	532,2	505,0	24,8	27,2
505,0	480,1	505,0	532,5	505,2	24,9	27,4
505,5	480,4	504,9	532,0	505,9	24,7	28,4

Mittel 25,09 | 27,33

Die Stromstärke 111,0. Das Mittel aus beiden 113,6.

No. 12.

Dieselben drei Becher wie vorher. Der Strom in der entgegengesetzten Richtung. Die Stromstärke 111,0.

Gleichgewichts- lage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Öffnen.	Gleichgewichts- lage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schließen	Gleichgewichts- lage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Öff- nen.	Schlie- ßen.
504,0	526,9	502,7	477,1	503,5	23,8	26,2
503,3	526,7	502,3	477,4	503,5	24,1	25,7
502,9	526,0	502,1	477,0	503,1	23,7	25,8
502,0	525,8	502,9	477,4	503,5	23,2	25,9
503,0	527,0	503,0	477,3	503,0	24,0	25,7

Mittel 23,76 | 25,86

Die Stromstärke 105,8. Das Mittel aus beiden 108,4.

No. 13.

Dieselben drei Becher wie vorher. Ein Polarisationsgefäß, das aus einem Glase mit Schwefelsäure und Wasser bestand, worin zwei Platinbleche eingesetzt waren, war in der ungetheilten Leitung eingeschlossen. Die Stromstärke 34,7.

Gleichgewichts- lage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Öffnen.	Gleichgewichts- lage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schließen	Gleichgewichts- lage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Öff- nen.	Schlie- ßen.
508,0	500,5	508,0	517,0	507,3	7,5	9,5
507,2	500,5	507,9	516,0	506,9	7,2	8,8
508,1	501,7	508,0	517,0	508,3	6,3	8,8
508,1	501,1	508,0	517,0	508,6	6,9	8,6
508,9	501,5	508,5	517,4	509,0	7,1	8,5
509,0	502,0	508,9	517,5	509,6	6,9	8,1
508,5	503,0	510,6	518,6	510,0	6,8	8,4
511,0	505,1	513,0	520,5	512,0	7,2	8,2
513,0	506,6	513,1	521,5	513,0	6,5	8,5

Mittel 6,93 | 8,60

Die Stromstärke 32,8. Das Mittel aus beiden 33,8.

No. 14.

Dieselben drei Becher wie vorher. Das Polarisationsgefäß wurde ausgelöst und statt dessen eine Drahtrolle in die ungetheilte Leitung eingeschaltet. Die Stromstärke 45,0.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schließen	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Oeffnen.	Schließen.
515,1	505,0	514,1	525,0	514,3	9,4	10,8
514,3	504,0	513,0	524,0	513,0	9,3	11,0
513,0	502,7	511,5	522,1	511,9	9,2	10,3
511,9	501,0	510,3	521,0	510,2	9,7	10,8
510,0	500,1	509,6	520,0	509,1	9,6	10,7
509,3	499,6	509,0	519,7	509,2	9,5	10,6
509,2	499,4	508,9	519,5	509,2	9,6	10,4
509,0	499,0	509,0	519,1	509,1	10,0	10,0
509,1	499,1	509,0	519,1	509,0	9,9	10,1
509,0	499,1	509,0	519,0	508,9	9,9	10,1

Mittel 9,61 | 10,48

Die Stromstärke 44,5. Das Mittel aus beiden 44,8.

XI.

Aus den vorhergehenden Versuchen könnte man beim ersten Augenblicke folgern, daß für dieselbe Stromstärke der Anfangsstrom immer etwas größer als der Endstrom wäre. Es ist aber nothwendig, ehe man eine solche Folgerung zieht, genau zu untersuchen, ob die Stromstärke in den beiden Fällen vollkommen die nämliche sey. Wenn man in den Versuchen No. 11, 12 und 14 das Mittel in der vorletzten Columnne von dem Mittel in der letzten subtrahirt und den Rest mit dem Mittel in der letzten dividirt, so erhält man respective 0,082, 0,081 und 0,083; für den Versuch No. 13 aber 0,194. Für die Versuche No. 9 und 10 erhält man auf dieselbe Weise 0,115 und 0,063. Diese Zahlen sind also constant für denselben Rheomotor, wachsen, wenn ein Polarisationsgefäß in die Leitung eingeschlossen wird und verändern sich im Allgemeinen von einem Rheomotor zu einem anderen. Daß dieselben von der Zeit,

während welcher die Kette in Wirksamkeit gewesen ist, abhängen, geht aus den Versuchen No. 8 und 9 hervor. No. 8 fand nämlich statt, sobald die Kette geschlossen worden war, und erst nach Verlauf einiger Zeit folgte No. 9. Diese Umstände ließen schon vermuthen, daß der beobachtete Unterschied der zwei Inductionsströme von einer durch die Polarisation in der Säule selbst hervorgebrachten Verminderung der inducirenden Stromstärke herrührte. Wenn nämlich eine Polarisation in der Säule stattfindet, so geht daraus von selbst hervor, daß, weil diese sich nicht augenblicklich entwickeln kann und allmählig verschwindet, wenn die Kette geöffnet wird, die Stromstärke beim Schließen der Kette größer ist als beim Oeffnen und daß der Unterschied, wenigstens bis zu einer gewissen Gränze, mit der Zeit, während welcher die Kette offen oder geschlossen geblieben ist, wachsen muß. Dasselbe Verhältniß muß auch mit den inducirten Strömen stattfinden, weil diese, wie die vorhergehenden Versuche zeigen, mit dem inducirenden Strome wachsen und abnehmen. Wenn also diese Zeit für die Beobachtungen verkürzt wird, so muß der Unterschied der Inductionsströme, wenn nämlich derselbe von einer Polarisation in der Säule herrührt, kleiner werden. Da, um dieses zu untersuchen, die in den vorigen Versuchen angewandte Beobachtungsmethode nicht benutzt werden konnte, weil die Säule nach jeder Beobachtung so lange offen oder geschlossen bleiben mußte, bis die Magnetnadel in Ruhe kam, wozu gewöhnlich eine Minute nöthig war, so wurde eine ähnliche Methode, wie für die Bestimmung der Dämpfung angewandt.

Durch das Oeffnen und Schließen der Kette wurde die Magnetnadel in Bewegung gesetzt und jedes zweite Mal, wenn die Nadel in einem bestimmten Punkte in der Nähe der Gleichgewichtslage ankam, wurde sie durch Oeffnen oder Schließen der Kette zurückgeworfen. Die Summe der Geschwindigkeiten, die die Nadel beim Zurückwerfen besaß, und die sie in entgegengesetzter Richtung dadurch erhielt, war ein Maas des Inductionsstromes. Da die Oscillations-

dauer der Magnetnadel ungefähr $8\frac{1}{2}$ Sekunden betrug, so war die Kette bei diesem Beobachtungsverfahren jedesmal blofs 17 Sekunden offen oder geschlossen. Nennt man H die ganze der Magnetnadel durch den Inductionsstrom ertheilte Geschwindigkeit, so erhält man durch Addition der Gleichungen (16) und (17)

$$H = \sqrt{me}^{0,437 n T} \left(u + 0,5333 u_1 + 0,3 x + 0,3 x_1 - 0,27 \frac{x^2}{u} - 0,5 \frac{x_1^2}{u_1} \right) \quad (18)$$

u ist wie früher der durch das Oeffnen oder Schliessen der Kette bewirkte Ausschlag der Nadel und x der Abstand des Punktes, wo die Nadel zurückgeworfen wird, von derjenigen Gleichgewichtslage, die ihr zukommt, während sie den Ausschlag u macht. u_1 bedeutet den Abstand der Gleichgewichtslage der Nadel während der letzten Schwingung vor dem Zurückwerfen von dem Punkte, wo ihre Geschwindigkeit Null war, und x_1 den Abstand des Punktes, wo die Nadel zurückgeworfen wird, von der letztgenannten Gleichgewichtslage. Es ist deutlich, dafs x und x_1 im Allgemeinen nicht gleich grofs sind, weil die Gleichgewichtslage der Nadel sich verändert, wenn die Kette geöffnet oder geschlossen wird. Die Gleichgewichtslagen können nicht hier, wie in den vorigen Versuchen, direct beobachtet werden, weil die Nadel nicht zur Ruhe kommt; aber sie lassen sich mit Hülfe der Gleichung (14) leicht berechnen. Ist nämlich y die Ruhelage der Nadel während einer gewissen Schwingung und v_1 und v die Punkte, wo ihre Geschwindigkeit Null ist, so hat man nach der Gleichung (14)

$$(v_1 - y) 0,5333 = y - v,$$

und daraus

$$y = \frac{v + 0,5333 v_1}{1,5333} \quad (19)$$

Nach dieser Formel sind bei den folgenden Beobachtungen die Gleichgewichtslagen der Nadel berechnet worden.

No. 15.

Zwei Grove'sche Becher. Die Kette wurde geöffnet und

geschlossen, sobald die Magnetonadel zur Ruhe kam. Die Stromstärke 56,0.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Öffnen.	Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.	Gleichgewichtslage berechnet während die Kette offen war.	beobachtet während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schließen.	Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.	Gleichgewichtslage berechnet während die Kette geschlossen war.	beobachtet während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Öffnen.	Schließen.
506,0	518,1	500,0	506,3	506,1	492,0	513,8	506,2	506,0	11,9	14,2
506,0	518,4	500,1	506,5	506,7	493,2	514,3	506,9	507,1	12,0	13,6
507,0	518,9	500,2	506,7	506,8	492,9	513,9	506,6	506,0	12,1	13,8
506,5	518,9	500,4	506,8	506,9	493,1	514,1	506,8	506,4	12,2	13,7
506,4	518,8	500,5	506,9	506,9	493,0	513,8	506,5	506,9	12,0	13,6
506,9	518,9	500,6	506,9	507,0	493,0	513,9	506,6	506,4	12,0	13,7
507,5	518,8	500,7	507,0	507,0	493,0	514,0	506,7	506,8	11,9	13,8
507,0	518,6	500,1	506,5	506,8	493,4	514,9	507,4	507,0	11,9	13,8
Mittel									12,0	13,78

Die Stromstärke 53,4. Das Mittel aus beiden 54,7.

Die in der dritten und siebenten Columnne vorkommenden Zahlen sind, was wir oben σ genannt haben, oder die Punkte, wo die Geschwindigkeit der Nadel unmittelbar nach dem vom Inductionsstrom bewirkten Ausschlag Null war. In der vierten und achten Columnne sind die aus den Zahlen in der zweiten und dritten sammt sechsten und siebenten nach der Formel (19) berechneten Ruhelagen aufgenommen worden. In der fünften und sechsten Columnne findet man die beobachteten Ruhelagen, nachdem die Nadel zu Ruhe gekommen war. Man sieht, daß die berechneten und beobachteten Ruhelagen sich wenig von einander unterscheiden und daß jene in den meisten Fällen, wie es seyn muß, zwischen zwei aufeinander folgenden beobachteten Ruhelagen liegen. Dieß ist ein Beweis für die Genauigkeit der Formel (19) und der Gleichungen, aus welchen sie abgeleitet worden ist, also auch dafür, daß die Dämpfung der Geschwindigkeit der Nadel proportional gesetzt werden kann. Die zwei letzten Columnnen sind nach der Formel (16) berechnet worden.

No. 16.

Dieselben zwei Becher, wie vorher. Die Magnetnadel wurde bei 506,0 durch Oeffnen oder Schliessen der Kette zurückgeworfen. Die Stromstärke 57,7.

				Gleichgewichtslage berechnet während die Kette geschlossen * offen war.		Ausschlag beim	
						Oeffnen	Schliessen
516,1	502,0	495,7	512,0	506,9	506,4	12,3	13,4
516,1	502,0	496,0	512,0	506,9	506,4	12,3	13,1
516,1	502,0	495,9	512,0	506,9	506,4	12,3	13,2
516,1	502,0	496,0	512,2	506,9	506,5	12,3	13,1
516,1	502,0	496,0	512,3	506,9	506,6	12,3	13,2
516,1	502,0			506,9			
Mittel						12,3	13,2

Die Stromstärke 55,8. Das Mittel aus beiden 56,8.

Die vier ersten Columnen sind mit den vier ersten der Tabelle (7) analog. Die Zahlen der fünften Columnne sind aus den der zwei ersten und die der sechsten Columnne aus den Zahlen der dritten und vierten Columnne nach der Formel (19) berechnet worden. Die zwei letzten Columnen sind nach der Formel (18) erhalten.

Aus den zwei letzten Versuchen folgt, dafs der Unterschied zwischen den Inductionsströmen von der Zeit, während welcher die Kette offen und geschlossen geblieben ist, abhängt. Im Versuche No. 15, wie in allen vorhergehenden, war die Kette die ganze Zeit offen oder geschlossen, die die Nadel brauchte um in Ruhe zu kommen. Im Versuche No. 16 aber folgte das Oeffnen und Schliessen der Kette nach Verlauf zweier Schwingungen oder ungefähr 17 Sekunden. Diefs wird durch die folgenden Versuche bestätigt. Bei diesen war die Polarisation in der Säule sehr stark, was daraus hervorging, dafs, wenn ein Becher in entgegengesetzter Richtung wie die zwei übrigen gestellt wurde, der Ausschlag beim Schliessen der Kette nicht mehr als drei Scalentheile betrug und beim Oeffnen derselben unmerklich war. Diefs konnte nicht von einer Verschieden-

heit der elektromotorischen Kraft der verschiedenen Becher herrühren, weil das Resultat unverändert blieb, welcher von den drei Bechern auch in seiner Richtung umgekehrt werden mochte.

No. 17.

Drei Grove'sche Becher. Die Kette wurde geöffnet und geschlossen, sobald die Nadel zur Ruhe kam. Die Stromstärke 79,6. Die Columnen stehen in derselben Ordnung wie in No. 15.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.	Gleichgewichtslage berechnet während die Kette offen war.	beobachtet während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schließen.	Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.	Gleichgewichtslage berechnet während die Kette geschlossen war.	beobachtet während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Schließen.
512,0	495,0	521,0	512,0	512,0	534,9	498,5	511,2	511,8	17,0	23,8
511,9	494,3	521,0	511,7	512,0	535,1			512,6	17,3	22,7
513,0	495,3	522,1	512,8	513,0	536,0	501,0	513,1	514,0	17,6	22,9
514,0	496,2	523,9	514,2	514,6	538,5	500,5	513,7	514,5	17,9	24,5

Mittel 17,45|23,48

Die Stromstärke 81,0. Das Mittel aus beiden 80,3.

Der folgende Versuch wurde so angestellt, daß *jedesmal*, wenn die Nadel in einem bestimmten Punkte in der Nähe der Gleichgewichtslage ankam, ihre Geschwindigkeit durch Oeffnen oder Schließen der Kette vergrößert wurde. Nachdem die Nadel auf diese Weise einige Schwingungen gemacht hatte, wurden die Ausschläge, wie im Versuche No. 16, constant. Weil die Nadel keine ganze Schwingung ungestört machte, so konnten ihre successiven Ruhelagen nicht berechnet werden. Die Ruhelage wurde deswegen vor und nach dem Versuche beobachtet, und man nahm an, daß sie während desselben sich der Zeit proportional verändert habe. Auf diese Weise war die Kette nur ungefähr $8\frac{1}{2}$ Sekunden offen oder geschlossen. Die zwei letzten Columnen sind nach einer Formel, die man erhält, wenn

man die Gleichung (17) von der Gleichung (16) subtrahiert, berechnet worden.

No. 18.

Dieselben drei Becher, wie in No. 17. Die Kette wurde bei 520,0 geöffnet und geschlossen. Die Stromstärke 81,0.

Ausschlag beim Öffnen.	Gleichgewichts- lage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schließen.	Gleichgewichts- lage, während die Kette ge- schlossen war.	Ausschlag beim	
				Öffnen.	Schließen.
480,0	520,9	563,7	521,1	18,3	20,9
480,1	521,2	563,2	521,3	18,7	20,0
480,6	521,4	563,0	521,6	18,8	19,7
481,0	521,6	562,9	521,9	18,9	19,4
481,1	521,8	562,6	522,1	19,2	18,9
482,0	522,1	562,2	522,4	19,0	18,5

Mittel 18,82 | 19,57

Die Stromstärke 81,5. Das Mittel aus beiden 81,3.

No. 19.

Dieselben drei Becher wie in No. 18. Jedes zweite Mal, wenn die Nadel in 524,0 ankam, wurde sie durch Öffnen und Schließen der Kette zurückgeworfen. Die Stromstärke 81,5. Diese Tabelle ist mit der in No. 16 analog.

				Gleichgewichtslage		Ausschlag beim	
				offen.	geschlossen	Öffnen.	Schließen
	511,1	532,3	541,9	524,9			
515,1	511,4	532,3	541,8	525,0	524,4	18,4	21,2
515,1	511,8	532,4	541,4	525,2	524,4	18,1	21,0
515,1	511,8	532,4	541,3	525,2	524,2	18,0	20,6
515,2	512,0	532,8	541,8	525,6	524,3	18,1	20,4
515,2	512,0	532,8	541,9	525,6	524,4	18,1	20,7
515,8	512,0	533,0	542,0	525,7	524,9	18,1	20,5
516,0	512,1	533,0			525,0	18,0	20,5

Mittel 18,11 | 20,70

Die Stromstärke 79,9. Das Mittel aus beiden 80,7.

No. 20.

Dieselben drei Becher, wie im vorhergehenden Versuche. In der ungetheilten Leitung war eine Drabtrolle eingeschaltet. Die Magnetonadel wurde bei 513,0 durch Oeffnen oder Schliessen der Kette zurückgeworfen. Die Stromstärke 50,5.

				Gleichgewichtslage		Ausschlag beim	
				offen.	geschlossen.	Oeffnen.	Schliessen.
	504,5	517,0	524,0	512,7			
508,0	504,6	517,1	524,0	512,7	513,5	11,3	13,0
508,1	504,5	517,0	524,0	512,7	513,5	11,2	13,0
508,0	504,5	517,0	524,0	512,7	513,5	11,3	13,1
508,0	504,5	517,0	524,0	512,7	513,5	11,3	13,0
508,1	504,7	517,1	524,0	512,7	513,5	11,3	13,0
508,5	504,9	517,5			513,9	11,2	13,0
Mittel 11,27						13,02	

Die Stromstärke 50,0. Das Mittel aus beiden 50,3.

No. 21.

Dieselben drei Becher wie im vorhergehenden Versuche. Die Kette wurde geöffnet und geschlossen, sobald die Nadel zur Ruhe kam. Die Stromstärke 52,7. Diese Tabelle ist analog mit der in No. 15.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.		Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.		Gleichgewichtslage		Ausschlag beim Schliessen.		Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.		Gleichgewichtslage		Ausschlag beim	
	berechnet während die Kette offen war.		beobachtet während die Kette offen war.		Ausschlag beim Schliessen.		Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.		berechnet während die Kette geschlossen war.		beobachtet während die Kette geschlossen war.		Oeffnen.	
510,5	500,0	517,3	511,3	511,3	525,5	502,0	510,2	510,9	11,0	14,9				
510,9	500,0	517,0	511,1	511,0	525,0	502,1	510,1	510,2	11,0	14,6				
510,1	500,5	517,3	511,1	511,1	525,0	502,1	510,1	510,0	11,3	14,6				
510,0	499,2	517,0	510,8	510,9	524,2	502,0	509,8	510,0	11,3	14,0				
510,2	499,7	517,0	511,0	510,9	524,5			510,5	11,0	13,9				
510,5	500,0	517,0	511,1	511,0	524,5	502,3	510,0	510,5	10,9	14,2				

Mittel 11,08 14,37

Die Stromstärke 51,0. Das Mittel aus beiden 51,9.

No. 22.

Dieselben drei Becher wie vorher. In der ungetheilten Leitung waren zwei Drahtrollen eingeschaltet. Die Stromstärke 42,0: Die Kette wurde geöffnet und geschlossen, sobald die Nadel zur Ruhe kam. Diese Tabelle ist analog mit der vorhergehenden.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.		Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.		Gleichgewichtslage berechnet während die Kette offen war.		beobachtet während die Kette offen war.		Ausschlag beim Schliessen.		Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage. berechnet während die Kette geschlossen war.		beobachtet während die Kette geschlossen war.		Ausschlag beim	
															Oeffnen.	Schliessen.
511,1	503,0	517,4	512,4	512,5	523,0								511,2	9,0	11,4	
511,6	503,0	517,4	512,4	512,4	523,0	504,9	511,2	511,9	9,1	11,4			512,0	9,4	11,3	
511,9	503,0	517,8	512,7	512,7	523,1	505,0	511,3	512,5	9,4	11,3			512,5	9,4	11,2	
512,0	503,1	518,0	512,8	513,0	523,9			512,5	9,1	11,6			512,5	9,1	11,6	
512,5	504,0	518,4	513,4	513,3	524,0	505,6	512,0									

Mittel 9,20 | 11,38

Die Stromstärke 42,2. Das Mittel aus beiden 42,1.

Aus diesen Versuchen geht unstreitig hervor, dafs der Unterschied der Inductionsströme von der Zeit abhängt, während welcher die Kette offen oder geschlossen geblieben ist. Im Versuche No. 17 ist dieser Unterschied 6,03 Scalentheile, in No. 19, wo Oeffnen und Schliessen nach Verlauf von 17 Sekunden aufeinander folgten, ist derselbe nur 2,59, und in No. 18, wo diese Zeit die Hälfte davon ist, beläuft sich der Unterschied auf 0,75. Dieselben Resultate gehen aus No. 20 und 21 hervor. Der nachfolgende Versuch zeigt, dafs die Inductionsströme gleich grofs werden, wenn die Kette beständig geschlossen ist.

No. 23.

Zwischen b und s (Figur 1, Tafel 1) wurde ein Leitungsdraht eingeschaltet, dessen Widerstand eben so grofs war, wie der in der Leitung ckb . Mittels der vorher erwähnten Vorrichtung bei q , war es leicht zu bewirken, dafs, sobald die Kette bei q geöffnet wurde, der erwähnte Leitungsdraht bei s eingeschaltet, und, sobald man die Kette

bei q schloß, die directe Leitung zwischen b und s aufgehoben wurde. Die Säule war auf diese Weise in einer stätigen Wirksamkeit, obgleich der Strom nur periodisch durch die Leitungsdrähte ckb hindurchging. Wenn also die Polarisation die Ursache des beobachteten Unterschiedes zwischen den Inductionsströmen war, so mußte derselbe hierdurch verschwinden. Der folgende Versuch beweist, daß dies wirklich der Fall ist.

Vier Grove'sche Becher. Die Kette wurde geöffnet und geschlossen, sobald die Magnetnadel zur Ruhe kam. Zum Vergleich war während der sechs ersten und drei letzten Beobachtungen keine directe Leitung zwischen s und b , während die Kette offen war.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schließen	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Oeffnen.	Schließen
506,0	538,3	506,5	469,0	506,1	31,9	37,2
505,9	536,6	506,3	468,5	505,0	30,4	36,9
506,5	536,7	506,5	469,2	506,0	30,2	36,9
506,1	538,5	506,5	468,8	506,9	32,1	38,0
507,1	537,0	507,0	471,0	506,5	30,0	35,6
506,1	537,9	507,1	469,2	505,0	31,1	36,4

Mittel 30,95 | 36,83

Directe Leitung zwischen b und s , sobald die Kette bei q geöffnet wurde.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schließen	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Oeffnen.	Schließen
506,9	537,0	507,0	475,9	506,1	30,0	30,5
507,0	536,7	507,1	478,0	507,5	29,6	29,4
507,0	536,0	507,5	479,0	507,8	28,6	28,7
508,0	536,0	507,9	479,8	508,1	28,1	28,2
508,0	535,9	508,0	480,0	508,5	27,9	28,3
508,5	535,9	508,0	480,9	509,1	27,7	27,9
508,0	535,4	508,1	480,9	507,8	27,3	27,0
507,5	535,0	508,3	480,9	508,0	26,9	27,2

Mittel 28,26 | 28,40

Keine directe Leitung zwischen *b* und *s*.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schließen	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Oeffnen.	Schließen
507,8	535,0	508,3	471,6	507,9	26,8	36,4
508,0	536,2	508,6	473,8	508,9	27,8	35,0
509,0	536,4	508,5	472,0	509,0	27,7	36,8

Mittel 27,43 | 36,07

Der Unterschied der zwei Inductionsströme ist hier nicht mehr als 0,14 Scalentheile und fällt also innerhalb der Gränze der unvermeidlichen Beobachtungsfehler.

XII.

Dafs die Stromstärke, besonders wenn ein Polarisationsgefäfs in die Leitung eingeschlossen ist, beim Schließen der Kette sehr schnell abnimmt, kann direct nachgewiesen werden, wenn man die Schwingungen der Nadel beobachtet und ihre successiven Gleichgewichtslagen nach der Formel (19) berechnet.

Vier Grove'sche Becher. Ein Polarisationsgefäfs wurde in die Leitung eingeschaltet. Der anderthalb Meter lange Kupferdraht war wie bei der Messung der Stromstärke in die Leitung eingefügt.

Die Schwingungen der Nadel.

Die berechneten Gleichgewichtslagen der

Nadel.

348,2	427,0
469,0	435,8
418,1	439,3
450,5	442,0
437,5	443,6
446,9	445,0
444,0.	

In den ersten 45 Sekunden nach dem Schließen der Kette hatte also die Stromstärke um 18 Scalentheile abgenommen, was ungefähr 22 Procent der ganzen Stromstärke ausmachte. Während der darauf folgenden 5 Minuten wurde sie um 5 Scalentheile vermindert und blieb dann eine lange Zeit

Zeit constant. In einem zweiten Versuche, wo kein Polarisationsgefäß eingeschaltet war und die Kette zwei Minuten vor dem Schließen offen gestanden hatte, war die Abnahme der Stromstärke während der ersten 37 Sekunden 12 Procent und während der darauf folgenden 10 Minuten eben so viel. In einem dritten Versuche, ohne Polarisationsgefäß, wo die Kette nur 4 Sekunden vor dem Schließen geöffnet worden war, belief sich die Abnahme der Stromstärke während der ersten 37 Sekunden auf 6 Procent, während der folgenden 2 Minuten auf 2 Procent und blieb während der darauf folgenden 5 Minuten constant. Man sieht hieraus, daß die Abnahme der Stromstärke vollkommen so, wie der beobachtete Unterschied der Inductionsströme von der Zeit, während welcher die Kette offen gestanden hat, abhängt, und daß dieselbe größer wird, wenn ein Polarisationsgefäß in die Leitung eingeschlossen worden ist. Da überdies aus dem Versuche No. 23 folgt, daß die Inductionsströme gleich groß sind, wenn die Kette beständig geschlossen und die Stromstärke also unverändert bleibt, so ist hierdurch der folgende Satz experimentell bewiesen:

Die beim Oeffnen und Schließen einer galvanischen Kette durch die Einwirkung des Stromes auf sich selbst entstehenden Inductionsströme sind gleich groß; wenn die inducirende Stromstärke in beiden Fällen die nämliche ist. Der Unterschied, der oft wahrgenommen wird, rührt von einer durch die Polarisation in der Säule verursachten Verminderung der inducirenden Stromstärke her.

Wenn man die inducirenden Ströme mit den inducirten vergleicht und die letzten unter der Voraussetzung berechnet, daß sie den ersten proportional sind, so erhält man die folgende Tabelle:

Die inducirende Stromstärke	Der Inductionsstrom		Unterschied
	beobachtet	berechnet	
33,8	6,93	7,32	- 0,39
42,1	9,20	9,12	+ 0,08
44,8	9,61	9,71	- 0,10
46,0	9,84	9,97	- 0,13
51,9	11,08	11,24	- 0,16
52,8	11,58	11,44	+ 0,14
54,2	12,30	11,74	+ 0,56
54,7	12,0	11,85	+ 0,15
80,3	17,45	17,40	+ 0,05
83,1	17,55	18,00	- 0,45
108,4	23,76	23,49	+ 0,27
113,6	25,09	24,61	+ 0,48

In diese Tabelle sind nur die Versuche, in welchen die Kette, nachdem die Magnetnadel schon zur Ruhe gekommen war, geöffnet und geschlossen wurde, und nur der Inductionsstrom, der beim Oeffnen entstand, aufgenommen worden. Dafs der Inductionsstrom beim Schliesen der Kette nicht aufgenommen werden konnte, geht daraus hervor, dafs unser Maafs der Stromstärke nicht für den Augenblick gelten kann, in welchem die Kette geschlossen wird, weil die Abnahme der Stromstärke von einem Rheomotor zu einem anderen auf verschiedene Weise variirt. Die dritte Columne ist aus der ersten durch Multiplication mit 0,21665 erhalten. Da die Unterschiede der berechneten und beobachteten Zahlen nicht gröfser als die Beobachtungsfehler sind, so folgt hieraus:

Dafs die beim Oeffnen und Schliesen einer galvanischen Kette durch die Einwirkung des Stromes auf sich selbst entstehenden Inductionsströme der inducirenden Stromstärke proportional sind.

XIII.

Obgleich man wohl mit Sicherheit voraussehen konnte, dafs die Inductionsströme, die durch eine blofse Variation des inducirenden Stromes hervorgebracht werden, denselben Gesetzen wie diejenigen unterworfen sind, die beim Oeffnen und Schliesen entstehen, so wurden doch darüber einige Versuche angestellt, von denen es hinreicht den folgenden anzuführen.

Um nach Belieben eine Variation des inducirenden Stromes hervorzubringen, wurden einige Metallscheibchen in die Peripherie einer runden Holzscheibe eingelegt, so daß sie mit dieser in derselben Ebene lagen und von einander isolirt waren. Im Mittelpunkte der Holzscheibe war eine drehbare Axe von Metall eingesetzt und an dieser ein Metallzeiger gelöthet, der mit dem Ende zwei neben einander liegende Metallscheibchen berühren konnte. Die Metallscheibchen waren in der Nähe ihrer äußeren Kante mit einem Loche versehen, wodurch ein Leitungsdraht gesteckt werden konnte, um sie mit einander in Verbindung zu setzen. Die Axe wurde mit dem einen und eins der Metallscheibchen mit dem anderen Pole der Säule vereinigt. Dieses Metallscheibchen konnte nun auf verschiedene Weise durch einen Leitungsdraht von größerem oder kleinerem Widerstande mit einem oder mehreren der anderen Metallscheibchen verbunden werden. Wurde der Zeiger auf das Scheibchen gelegt, das direct mit dem Pole der Säule verbunden war, so wurde die Stromstärke am größten, weil der Widerstand am geringsten war. Wurde der Zeiger auf eines der anderen Metallscheibchen gedreht, das mit dem ersten in Verbindung stand, so wurde der verbindende Leitungsdraht eingeschaltet und der Strom dadurch geschwächt. Die Versuche wurden mit dieser Vorrichtung auf mehrfache Weise abgeändert.

No. 24.

Die Stromstärke variirte zwischen 81,4 und 48,6; also um 32,8.

Gleichgewichtslage der Nadel	Ausschlag beim Steigen des Hauptstroms	Gleichgewichtslage	Ausschlag beim Fallen des Hauptstroms	Gleichgewichtslage	Ausschlag beim	
					Steigen	Fallen
507,9	500,2	507,0	514,0	506,9	7,0	7,1
506,9	499,0	505,5	512,4	505,9	6,8	6,6
505,0	497,0	503,9	511,2	504,5	7,2	6,9
504,1	496,5	502,1	510,0	503,5	6,0	6,8
503,5	495,7	501,6	509,9	503,0	6,3	7,2

Mittel 6,66 | 6,92

13 *

Wenn man 3,28 mit 0,21665 multiplicirt, so erhält man 7,11 oder den Ausschlag beim Oeffnen eines Stromes von der Intensität 32,8, was sich von dem beobachteten Ausschlage 6,92 bei der Verminderung der Stromstärke unbedeutend unterscheidet. Hieraus ergibt sich also, daß die Inductionsströme, die durch eine Variation der inducirenden Stromstärke hervorgebracht werden, denjenigen vollkommen gleich sind, die beim Oeffnen und Schliessen der Kette entstehen.

Schliesslich wurden auch einige Versuche angestellt, um zu erfahren, welchen Einfluss die verschiedene Weise, wie die Kette geöffnet und geschlossen wurde, auf die GröÙe des Inductionsstromes ausübte. Es zeigte sich, daß die Ausschläge gleich groß waren, wie auch die Kette geöffnet und geschlossen wurde, sobald die dafür nöthige Zeit so kurz war, daß die Einwirkung des Inductionsstromes auf die Nadel als momentan betrachtet werden konnte. Diefß ist außerdem eine nothwendige Folge von dem, was eben angeführt worden ist. Als Beweis hiefür mögen jedoch die folgenden zwei Versuche aufgenommen werden.

No. 25.

Die Stromstärke 47,0. Beim Oeffnen der Kette stieg die Stromstärke erst von 47,0 bis 78,0 und ging dann direct zu Null über und beim Schliessen umgekehrt. Das Oeffnen und Schliessen geschah, sobald die Magnetnadel zur Ruhe gekommen war.

Gleichgewichts- lage der Nadel	Ausschlag beim Steigen des Hauptstroms	Gleichgewichts- lage	Ausschlag beim Fallen des Hauptstroms	Gleichgewichts- lage	Ausschlag beim	
					Steigen	Fallen
507,0	517,5	507,0	495,2	506,9	10,5	11,7
507,6	517,5	507,0	495,0	507,3	10,3	12,2
507,5	518,0	507,9	496,0	507,0	10,2	11,3
507,0	517,8	507,1	495,0	507,0	10,7	12,0
507,0	518,0	508,3	496,0	508,1	10,0	12,2
Mittel					10,34	11,88

No. 26.

Die Stromstärke 77,5. Beim Oeffnen der Kette ging der Strom über 47,0 bis Null und beim Schliessen umgekehrt. Die Kette wurde geschlossen und geöffnet, sobald die Nadel zur Ruhe kam.

Gleichgewichtslage der Nadel	Ausschlag beim Steigen des Hauptstroms	Gleichgewichtslage	Ausschlag beim Fallen des Hauptstroms	Gleichgewichtslage	Ausschlag beim	
					Steigen	Fallen
509,0	525,9	509,0	490,0	509,6	16,9	19,4
509,3	526,3	508,6	489,0	509,0	17,5	19,9
508,9	526,1	508,9	490,0	509,5	17,2	19,3
509,2	526,0	508,0	489,1	509,1	17,6	19,7
Mittel 17,30					19,58	

Multiplirt man 47,0 und 77,5 mit 0,21665, so erhält man 10,18 und 16,79, welche Zahlen sehr nahe mit den beobachteten übereinstimmen. Diefs ist ein Beweis dafür, dafs der Inductionsstrom der totalen Variation proportional ist, von welcher Beschaffenheit auch diese seyn mag.

Mag es mir schliesslich erlaubt seyn, Herrn Professor Weber meinen innigsten Dank für die gütige Erlaubniß zur Benutzung der Apparate, sowie für seine unschätzbare Anleitung abzustatten, durch welche er jetzt fast seit einem Jahre meine physikalischen Studien mir erleichtert hat.

II. Ueber die Wirkung der Hefe; von Dr. Schubert in Würzburg.

Im Bande 69, S. 157 u. 512 dies. Ann. wurden von mir bereits einige Andeutungen über die Wirkungsweise der Hefe mitgetheilt. Ich habe später mehrere Versuche vorgenommen, um die dort aufgestellte Ansicht besser zu begründen und zu vervollständigen. Ich will es versuchen, dieselbe hier theils aus bekannten Thatsachen, theils aus den von mir gemachten Beobachtungen zu entwickeln.

Die Frage, welche hier zunächst beantwortet werden muß, heisst: Durch welche Eigenschaft sind Fermente allein im Stande, die Gährung zu erregen, so daß sie mit dieser Eigenschaft auch ihre gährungserregende Kraft verlieren?

Eiweißstoff, Pflanzenleim und ähnliche stickstoffhaltige organische Körper werden nur dadurch zu Fermenten, daß sie, wenn auch nur auf kurze Zeit, mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommen. Diefes weist auf eine Veränderung ihrer Zusammensetzung hin, welche sich auch durch die chemische Analyse bestätigt hat.

Diese chemische Umänderung steht aber mit einem Vegetationsproceß in Verbindung. Aus dem stickstoffhaltigen Körper entstehen bei der Hefenbildung kleine pflanzliche Organismen — die Hefenpilze. Dieser Vegetationsproceß selbst wird von vielen Chemikern als die eigentliche Ursache des Gährungsprocesses angesehen; sie betrachten die Kohlensäure und den Weingeist als die Ausscheidungsstoffe, welche zurückbleiben, wenn der Zucker als Nahrung von den Hefenpilzen aufgezehrt worden ist.

Diese Ansicht wird nicht wenig durch die Thatsache unterstützt, daß sowohl chemische als mechanische Einwirkungen, welche das Leben solcher Pflanzengebilde zerstören, auch die gährungserregende Kraft der Hefe vernichten. Sublimat und andere Substanzen dieser Art, welche im Allgemeinen giftig auf Pilze einwirken, heben auch die Wirkung der Hefe auf. Diefes geschieht dagegen durch Brechweinstein nicht; er wirkt zwar mit Heftigkeit auf den thierischen Organismus, aber er ist unschädlich für den der Pflanzen und es entstehen selbst in seiner Auflösung bald Pilze aus seinen eigenen Bestandtheilen.

Die Hefe verliert ferner, nach Lüdersdorff's Beobachtung, ihre Wirksamkeit vollständig, wenn man sie so lange auf einer harten Unterlage reibt, bis man unter dem Mikroskop kein unzerquetschtes Kügelchen mehr wahrnimmt.

Andere Beobachtungen indessen, auf die wir unten zurückkommen werden, lassen für eine solche Erklärungsweise

wenig Wahrscheinlichkeit übrig. Diese scheint danach in ganz anderer Weise gefasst werden zu müssen.

Die Wirkung der Hefe kann jetzt nicht mehr in dem Vegetationsprocesse selbst gesucht werden, welcher ihre Bildung begleitet, sondern in der Beschaffenheit der Hefe *nach* diesem Vegetationsprocesse, seitdem man weiß, daß die Weingährung auch durch ganz andere Substanzen eingeleitet werden kann, wenn sie nur die für die Gährung *wesentlichen* Eigenschaften der Hefe besitzen, mag ihre gährungserregende Kraft die Folge eines *Vegetationsprocesses* seyn oder nicht. Diese wesentliche Eigenschaft, welcher die Hefe allein ihre Wirksamkeit verdankt, ist aber weiter nichts als die Fähigkeit, Gase zu absorbiren.

Die Absorptionskraft poröser Körper beschränkt sich nicht bloß auf Gase, sondern macht sich auch gegen Flüssigkeiten und feste Stoffe geltend, welche in Flüssigkeiten aufgelöst sind. So zieht die Kohle das Fuselöl, in Flüssigkeiten gelöste Farbstoffe u. dgl. an.

Auch durch Milch, Brod, Fließpapier etc. lassen sich Flüssigkeiten entfärben. Die Anziehungskraft der organischen Faser zu den Farbstoffen und die der Thierfaser zur Gerbsäure gehören gleichfalls hieher. Durch Senfmehl, Mandelkleie, Goldschwefel, Schwefelmilch, ungelöschten Kalk u. s. w. werden starke Gerüche zerstört, welche von ätherischen Ölen, Moschus etc. herrühren. Durch Ammoniakzusatz oder durch bloßes Erhitzen werden letztere wieder unverändert daraus entwickelt, weil das Ammoniak noch stärker von diesen Substanzen angezogen wird, als die genannten Riechstoffe. Ammoniak dagegen wird wieder durch fixe Alkalien daraus verdrängt.

In manchen Fällen steigert sich diese Wirkung der Adhäsion so sehr, daß sie selbst chemische Verbindungen hervorzurufen und andere wieder aufzuheben vermag, um jene Zusammensetzungen zu bilden oder auszuscheiden, zu denen der poröse Körper gerade eine besondere Flächenanziehung besitzt.

Fein zertheiltes Platin vereinigt den Sauerstoff mit Was-

serstoff zu Wasser, mit Alkohol zu Essigsäure, mit Holzgeist zu Ameisensäure, mit schwefliger Säure zu Schwefelsäure mit solcher Heftigkeit, daß es sich dabei bis zum Glühen erhitzt. Auch der Bimsstein ist im Stande, die Verbindung der schwefligen Säure mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft zu Schwefelsäure zu vermitteln. Der Platinschwamm zersetzt ferner mit Wasserstoff gemengtes Cyangas um Wasser und Ammoniak daraus zu bilden.

Auch die Kohle vermag chemische Verbindungen zu zersetzen und zu bilden. So wird z. B. Bleioxyd aus seiner Auflösung in Aetzkali, Antimon- und Wolframsäure aus ihren löslichen Salzen, Schwefelantimon und Schwefelarsenik aus ihrer Verbindung mit Schwefelammonium durch Kohle abgeschieden und absorbiert. Im glühenden Zustande eingetaucht, zersetzt sie auch die Auflösungen stärkerer Verbindungen, wie Zinn-, Kupfer- und Quecksilbersalze. Das Kohlenpulver scheidet ferner nach Schönbein's Beobachtung aus erstem Salpetersäurehydrat Untersalpetersäure ab, ohne daß dabei Kohlensäure gebildet wird und vereinigt Chlor mit dem Wasserstoff des Wassers zu Salzsäure.

Substanzen, welche sich nur bei starker Erhitzung zersetzen, erleiden mit Platinschwamm gemengt diese Zersetzung bei einer weit niedrigeren Temperatur. So giebt z. B. Weinsäure und Traubensäure mit Platinschwamm gemengt schon bei $+ 128^{\circ}$ R. Kohlensäure und Wasser, die verschiedenen Zuckerarten bei 112 bis 120° Kohlensäure, Olivenöl bei 60 bis 70° . Bimssteinpulver zersetzt Trauben- und Citronensäure noch früher und vollständiger als Platinschwamm. Oxalsäure, auf welche Platinschwamm und Bimsstein ganz unwirksam sind, wird dagegen durch Kohle zersetzt, aber auf ganz andere Weise als durch Zersetzung für sich.

Das Superoxyd und Supersulfuret des Wasserstoffs werden durch bloße Berührung mit verschiedenen festen, besonders pulverförmigen Körpern, vorzüglich aber mit Kohle und edlen Metallen mit vieler Heftigkeit zersetzt. Der Faserstoff des Blutes thut dasselbe, während das Eiweiß

diese Verbindungen unverändert läßt. Nach Schloßberger's Beobachtung bewirkt frische Bierhefe dieselbe Zersetzung, verliert dagegen diese Fähigkeit durchs Kochen.

Ein merkwürdiges Beispiel von chemischer Zersetzung durch poröse Körper bildet auch das Färben mit adjectiven Farben. Die Auflösungen organischer Farbstoffe, wie Fernambuk, Blauholz u. dgl. werden durch verschiedene poröse Körper entfärbt, weil diese eine ganz besondere Anziehungskraft für solche Farbstoffe besitzen. Die Thonerde hat gleichfalls eine auffallende Neigung, sich mit diesen Farbstoffen zu vereinigen. Allein die unauflöslichen Verbindungen, welche daraus entstehen, die sogenannten Lackfarben, kann man dafsungeachtet nur dadurch erhalten, dafs man die Thonerde im freien Zustande mit der Farbauflösung zusammenbringt.

Die Thonerde wirkt hier wohl nicht als Basis, sondern nur als poröser Körper, indem andere Pulver ganz ähnlich wirken, welche *keine* Basen sind. Zumal wird hier die Thonerde im frisch gefällten, also höchst fein zertheilten Zustande angewendet, wodurch es sich sehr einfach erklärt, warum sie in der angegebenen Beziehung so viele andere Körper übertrifft. Wenn man mit Alaun eine Lackfarbe herstellen will, so wird allerdings von manchen Farbstoffen, wie Karminstoff und Fernambukroth, die Thonerde aus dem Alaun abgeschieden. Es wird indessen hier immer eine beträchtliche Zeit erfordert, bis sich der Farbstoff niederschlägt. Für die meisten Farbstoffe und um die Abscheidung *augenblicklich* zu bewirken, muß jedesmal die Thonerde erst durch ein Alkali aus dem Alaun abgeschieden werden.

Die organische Faser verbindet sich gleichfalls mit den meisten organischen Farbstoffen nicht *unmittelbar*. Wenn der zu färbende Zeug ungebeizt in die Farbbrühe getaucht wird, so waschen sich die meisten Farbstoffe sehr leicht wieder aus. Eine dauerhafte Farbe entsteht nur, wenn man zuvor den Zeug mit Alaunauflösung befeuchtet. Der Farbstoff wird dann in der Faser von derselben Beschaf-

fenheit niedergeschlagen, wie bei der Bildung der Lackfarbe, nämlich in Verbindung mit Thonerde.

Wenn der Farbstoff für sich den Alaun nicht zu zersetzen vermag, so muß diels hier offenbar von dem organischen Faserstoff bewirkt werden. Der Faserstoff erweist sich gegen die stärkste Basis nicht als Säure, diels kann also um so weniger der Fall seyn bei einer so schwachen Basis, wie die Thonerde. Seine Wirkung beruht sonach offenbar auf bloßer Absorptionskraft. Dieselbe hebt hier die anerkannt mächtige Verwandtschaftskraft der Schwefelsäure zu einer Basis auf.

Um wie vieles leichter läßt sich nun eine solche Wirkung bei organischen Verbindungen von so geringer Beständigkeit wie der Zucker annehmen.

Man pflegt diese sonderbare Eigenschaft der porösen Körper gewöhnlich für eine Art von chemischer Verwandtschaft zu halten, welche die chemische Verbindung vermittelt; Berzelius's katalytische und Mitscherlich's Contactverwandtschaft. Allein streng genommen ist ja chemische Verwandtschaft nur jene Anziehung, die unter günstigen Umständen mit einer wirklichen chemischen Verbindung endet. Diels thut aber die Kohle bei allen diesen Wirkungen nie. Es kann diese Eigenschaft nichts als eine Folge der Flächenanziehung seyn, welche sich durch Vermehrung der Fläche, durch Zunahme der Porosität bis zu jenem hohen Grade gesteigert hat.

Das Platin hat auch als Blech die Eigenschaft, Sauerstoff mit Wasserstoff zu Wasser zu vereinigen, aber es geschieht dann weit langsamer und ohne Feuererscheinung. Beobachtet man den Platinschwamm einer Zündmaschine, dessen Wirkung nach längerem Gebrauche etwas nachgelassen hat, so sieht man, daß er oft gar lange schon glüht, bevor sich das anströmende Wasserstoffgas entzündet, oder letzteres entzündet sich gar nicht. Die Entzündung des Gases ist offenbar eine Folge der Erhitzung des Schwammes und die Wasserbildung geht bekanntlich ohne Feuererscheinung von Statten, wenn man die Wirkung des Platin-

schwammes auf irgend eine Weise schwächt, z. B. durch Zusammenkneten mit Thon. Auch bei der Essigbildung durch Platinschwamm, wird zuerst *dieser* heifs und selbst glühend. Wenn nun die Wirkung des Platinschwammes mit seiner eigenen Erhitzung beginnt, so ist wohl die Erklärung die ungezwungenste, dafs sich der Wasserstoff nur dann mit dem Sauerstoff verbinde, wenn sich dieser (wie hier im Platinschwamm) im verdichteten Zustande vorfindet. Sobald der Schwamm seinen Sauerstoff verloren hat, zieht er rasch wieder neuen aus der Luft an, giebt ihn wieder an den Wasserstoff ab u. s. f. Durch diese fortgesetzte Verdichtung von Sauerstoffgas entwickelt letzterer bald die zum Glühen des Platinschwammes nöthige Wärme.

Wie bei der Weingährung, so erzeugt sich auch bei der Essigbildung eine kryptogamische Vegetation, ein Schimmelpilz, *Mycoderma aceti*. Man hat diese Substanz lange für ein eigenthümliches Ferment der Essiggährung angesehen und deshalb Essigmutter genannt, bis spätere Beobachtungen gelehrt, dafs ihre Eigenschaften, die Essigbildung hervorzurufen, zum Theil auf ihrer Porosität beruhe und dafs Brod, Obst, Hobelspäne u. s. w. dieselbe Wirkung thun. Platinschwarz wirkt aber weit schneller als alle diese Körper.

Die Essigbildung erfolgt allerdings auch ohne Mithülfe poröser Körper für sich, nur dann weit langsamer. Es ist aber auffallend, wie sehr diese Körper die Essigbildung beschleunigen. Platinschwarz bewirkt sie augenblicklich, wenn es mit Alkohol zusammentrifft. Die Wirksamkeit anderer poröser Körper läfst sich indessen auch nicht unbedeutend beschleunigen, wenn man dem Weingeist für sich oder noch besser nebst dem porösen Körper etwas fertigen Essig oder Weinstein zusetzt. Ueber den Zweck dieser Zusätze ist nicht wohl eine andere Vermuthung möglich, als dafs diese Substanzen mit dem Weingeist in elektrische Spannung treten, so dafs dessen Elektropositivität, resp. seine Verwandtschaft zum Sauerstoff, gesteigert wird.

Die Chemie hat eine Menge solcher Beispiele aufzu-

weisen. Es ist bekannt, daß das Eisen weit rascher rostet, wenn es mit Salzauflösungen, als wenn es mit bloßem Wasser befeuchtet wird, auch wenn es die Salze dabei nicht im Mindesten zersetzt.

Millon hat viele solche Versuche angestellt. Er fand, daß schwache Pflanzensäuren, wie Citronensäure, Metalle auflösen, wenn man ihnen gewisse Salze zusetzt, während sie dies für sich nicht im Stande sind, und daß die Auflösung der Metalle in Mineralsäuren durch solche Zusätze bedeutend beschleunigt wird. Obgleich Mineralsäuren und ihre Salze weit kräftigere elektrische Gegensätze hervorrufen als die schwachen organischen Säuren, so sind doch die ersteren für organische Processe, wie die Essigbildung, nicht zweckdienlich, weil sie sich sogleich mit den organischen Substanzen zu festeren Verbindungen vereinigen und sie dadurch an der Zersetzung völlig hindern.

Die Neigung des Zuckers in Weingeist überzugehen, ist offenbar weit schwächer als die Neigung des Weingeistes zur Essigbildung; die Weingeistbildung erfolgt nicht, wie die letztere von selbst, sondern es bedarf dazu der Gegenwart eines porösen Körpers.

Die Hefe muß sauer reagiren durch eine Pflanzensäure¹⁾, wenn sie wirksam seyn soll, bei alkalischer Reaction bildet sie keinen Weingeist. Sie enthält stets etwas Essigsäure, welche zum Theil durch Ammoniak gesättigt ist, die Hefe des Weins auch Weinsteinssäure und Aepfelsäure. Durch die Gegenwart dieser Salze kann die Gährung bedeutend gesteigert werden. Colin und Thenard haben schon lange den günstigen Einfluß des Weinstein auf die Gährung bezeichnet.

Kochsalz, doppelt kohlensaure Salze von Kali, Natron, Kalk, besonders aber kohlensaures Ammoniak sollen die Gährung befördern, daher die größere Ausbeute an Branntwein, wo man mit kalkhaltigem Wasser einmaischt. Die Carbonate leiten eine Milchsäuregährung ein, welche bei größerem Zusatz der Salze die Alkoholbildung fast ganz

1) Rousseau in *Compt. rend.* Nr. 17. 1843. p. 942.

unterdrückt, bei kleinerer Menge dagegen milchsaures Salz erzeugen, welches dann die Alkoholbildung nicht verhindert. Die Quantität dieser Stoffe darf natürlich nicht so bedeutend seyn, daß sie die Entwicklung der Hefenpilze hindert, oder die entstandenen durch chemische Einwirkung zerstört. Auch der Weingeist scheint ähnlich wie die Pflanzensäuren zu wirken. Ein Uebermaass desselben unterdrückt die Gährung, dagegen gährt ein schwach mit Weingeist versetzter Most weit rascher, als ohne diesen Zusatz und die Bierbrauer versetzen die Hefe mit schwachem Weingeist, um ihre Wirkung zu verstärken. Durch Auswaschen verliert die Hefe ihre gährungserregende Kraft vollständig.

Daß der Gehalt der Hefe an einer Pflanzensäure oder einem pflanzensauren Salze zur Gährung von Wichtigkeit sey, erscheint nach dem Vorhergehenden als ausgemacht. Es bleibt nun noch übrig, einerseits die Wichtigkeit ihrer Absorptionskraft nachzuweisen und darzuthun, ob beide Momente zugleich wirken müssen, oder jedes für sich hinreicht.

Brendecke machte die Beobachtung, daß Traubenzuckerauflösung in lebhafte Weingährung übergeht, wenn man dieselbe mit saurem wein- oder citronensaurem Ammoniaksalz und zugleich mit irgend einem porösen Körper, wie Kohle, Stroh, Asbest, Blattgold u. s. w. versetzt und bei der gewöhnlichen Gährungstemperatur der Einwirkung der atmosphärischen Luft überläßt. Filtrirte Traubenzuckerauflösung für sich mit einem der angegebenen Salze zusammengebracht, gelang ihm nicht zur Gährung zu bringen.

Ich vermochte mir anfangs keine Vorstellung zu machen von der gemeinschaftlichen Wirkung der beiden angegebenen Stoffe, um so weniger, als Brendecke fand, daß das angewendete Salz keine merkliche Veränderung bei diesem Vorgange erleidet.

Später wurde mir Lüdersdorff's S. 198 erwähnte Beobachtung von der Vernichtung der Wirksamkeit der Hefe durch das Zerquetschen der Hefekügelchen bekannt. Er sah in dieser Thatsache einen neuen Beweis für die Ansicht,

dafs die Wirkung des Fermentes in einem Vegetationsproceſſe beſtehe, weil eine bloſſe mechanische Zerſtörung des Gewebes allein ſchon hinreiche, die gährungerregende Kraft aufzuheben.

Es fielen mir aber ſogleich wieder Brendecke's Verſuche ein, welche mich Lüdersdorff's Wahrnehmung von einer ganz andern Seite anſehen lieſſen. Ich glaubte vielmehr daraus ableiten zu müſſen, dafs die gährungerregende Eigenschaft der Hefe lediglich auf ihrer Abſorptionskraft beruhe, und dafs auch bei dem Brendecke'schen Verſuche der poröſe Körper durch ſeine Abſorption die Hauptrolle ſpiele. Es fragte ſich demnach jetzt, ob die gleichzeitige Gegenwart eines der angegebenen oder irgend eines andern Salzes für unerläſſlich, oder für ein bloſſes Beförderungsmittel für die Einleitung der Gährung zu betrachten ſey.

Ich wiederholte die Verſuche, wie ſie Brendecke beſchreibt, und benutzte dabei als poröſen Körper vorzugsweiſe die Kohle, wegen ihrer kräftigen und gleichmäſſigen Wirkung.

Es wurden 144 Gran Krümelzucker in 1440 Gran Waſſer gelöst und mit 90 Gran Holzkohle und 45 Gran zweifach weinſaurem Ammoniak in eine Temperatur von 15 bis 16° R. gebracht.

Brendecke giebt an, dafs ihm die Verſuche, den gemeinen Zucker auf ſolche Weiſe in Gährung zu bringen, nicht gelungen ſeyen. Nach den von mir hierüber angeſtellten Verſuchen ſteht derſelbe dem Traubenzucker in dieſer Hinſicht nicht nach, und ich benutzte ihn daher auch für meine weiteren Verſuche. Die Reſultate meiner Unterſuchungen beſtehen in Folgendem:

Die Kohle wirkt um ſo kräftiger, je poröſer ſie iſt. Ihre Wirkung wird bedeutend geſchwächt, wenn man ſie zu Pulver zerreibt. Letzteres braucht unter denſelben Verhältniſſen zur Einleitung der Gährung 9 Tage, wo für ganze Kohlenſtücke 5 Tage mehr als hinreichend ſind. Wie die Kohle, verhalten ſich auch andere poröſe Körper, z. B.

der Bimsstein. Aus sehr verdünnter Alaunauflösung mit verdünnter Sodaauflösung gefällte, also äußerst fein zertheilte und ganz durchscheinende ausgewaschene, Thonerde bewirkte schon am zweiten Tage Gasentwicklung, während die mehr als dreifache Menge einer concentrirt gefällten, undurchsichtigen, also mehr dichten Thonerde am fünften Tage noch äußerst wenig Gas entwickelte. Ebenso verhielt sich frisch gefälltes Eisenoxyd.

Unter allen porösen Körpern, welche Brendecke auführt, wie Kohle, Stroh, Blattgold und Blattsilber, Schwefelblumen, Asbest, Stärkmehl, Papier, sowie von denen, welche außerdem noch von mir untersucht worden sind, nämlich Platinschwamm, Bimsstein, frisch gefällte Thonerde und Eisenoxyd, so wie gebrannter Thon und Traganthgummi wirkt Platinschwamm, und nächst diesem die Kohle, unstreitig am schnellsten und kräftigsten, obgleich sie beide der Hefe noch immer sehr weit nachstehen. Denn während die Hefe schon in einer Stunde die Gährung einzuleiten vermag, erfordert die Kohle hiezu unter den günstigsten Verhältnissen wenigstens 24 Stunden, und ihre Wirkung ist deshalb auch, wie die aller anderen Substanzen welche die Gährung nur träge einleiten, z. B. Käsestoff, Thierfaser, Thiereiweiß stets von Milchsäure- und nachher Buttersäurebildung begleitet.

Obgleich schon 1 Procent Hefe von dem Gewichte des Traubenzuckers hinreicht, die Gährung einzuleiten, so ist doch nicht zu verkennen, wie sehr die Stärke ihrer Wirkung durch Vermehrung der Quantität gesteigert werden kann. Drei Zuckerauflösungen, welche ich mit 2, 4 und 8 Procent Hefe versetzte, kamen zwar ziemlich zu gleicher Zeit in Gährung, allein die Gasmengen, welche sich in derselben Zeit entwickelten, waren nahezu proportional den Quantitäten der Hefe, und die Erfahrung hat es längst bestätigt, daß in den Jahren, wo die Trauben stark faulen und der Most rasch vergäht, auch allemal viel Hefe abgeschieden wird.

Bei anderen porösen Körpern, welche langsamer wirken als die Hefe, kann man dies noch deutlicher sehen. Sieben

Auflösungen von 144 Gran Zucker in 3 Unzen (1440 Gr.) Wasser, welche mit 6, 13, 27, 45, 90, 180 und 360 Gran ganzer Kohle und etwas Weinstein versetzt waren, kamen in 9, 8, 8, 7, 6, 6, 5 Tagen in Gährung, welche, wenn sie auch an gleichen Tagen eintrat, sich wenigstens auf Seite der gröfseren Kohlenmenge weit kräftiger zeigte. Hat übrigens die Gährung den Höhepunkt ihrer Thätigkeit erreicht, dann wirken kleine Mengen mit ziemlich gleicher Energie wie die gröfsten.

Hiemit soll übrigens nicht behauptet werden, dafs man in der Praxis nie zu viel Hefe zur Einleitung der Gährung anwenden könne. Es scheint hier allerdings eine Gränze zu geben, wo ein Ueberschufs nachtheilig wird. Bei 6 bis 45 Gran Kohle hatte sich neben dem Weingeist etwas Essigsäure gebildet, am meisten bei 6 und am wenigsten bei 45 Gran. Bei 90 Gran war keine Essigsäure wahrzunehmen, aber die Flüssigkeit war schleimig und enthielt etwas Milchsäure; beide Erscheinungen waren aber schon sehr beträchtlich bei 360 Gran, d. h.: Bei zu *wenig* Kohle werden so kleine Alkoholmengen auf einmal gebildet oder es bleibt ein sehr verdünnter Weingeist so lange mit der Luft in Berührung, dafs er sich immer schon zu Essigsäure oxydirt hat, bis eine neue Quantität gebildet ist, welche hinreichend wäre, die Essigbildung zu verhindern. Ist dagegen die Menge der Kohle zu *grofs*, so entsteht Milchsäure und Schleim; die Flüssigkeiten werden zäh oder lang, aus Gründen, die sich vielleicht den weiteren Beobachtungen entnehmen lassen.

Sonst kann eine zu grofse Menge Ferment nur dann schaden, wenn sie einen Einflufs auf die Consistenz der Flüssigkeit hat, wie das Pektin (Traganth), welches die Flüssigkeit so dickflüssig machen kann, dafs dies die Bildung der Kohlensäure ganz zu unterdrücken scheint. 6 Unzen Zuckerauflösung einmal mit 4, das anderemal mit 30 Gran Traganth versetzt, gährten im erstern Falle in 5 Tagen, im letztern noch sehr wenig in 4 Wochen. Diefs scheint auch Ursache zu seyn, warum concentrirte Zucker-

auf-

aufösungen gar nicht anfangen zu gähren, weil der Zucker das Wasser noch gleichmäßiger verdickt als der Traganth.

Nun kommen wir an die Frage: Ist zur Einleitung der Gährung durch Kohle die Mitwirkung von Salzen wirklich wesentlich nothwendig oder nicht? Antwort: *Nein*. Der Zucker — Krümelzucker, oder gemeiner Zucker, gährt, sobald seine Auflösung in Wasser mit porösen Körpern in anhaltende Berührung kommt, ohne allen Zusatz von Salz.

Ich habe Auflösungen von gemeinem Zucker mit Platinschwamm, Kohle, Bimsstein, Asbest, gebranntem Thon, Thonerde, Eisenoxyd und Pektin versetzt und sie kamen sämmtlich nach wenig Tagen in Gährung, am schnellsten und lebhaftesten mit Platinschwamm und mit Kohle. 1 Gr. Platinschwamm versetzte eine Auflösung von 144 Gran Zucker in 1440 Gran Wasser am vierten Tage in Gährung, wozu von der Kohle 90 Gran erforderlich sind. Der Platinschwamm stand an der Oberfläche der Flüssigkeit gleichzeitig mit Luft in Berührung. Die anderen Körper wirken noch weit schwächer und langsamer als Kohle.

Wenn auch manche Salze, besonders die sauren Ammoniaksalze der Pflanzensäuren den *Gang* der Gährung etwas befördern, so beschleunigen sie doch den *Eintritt* der Gährung nur wenig oder verzögern ihn selbst bisweilen.

Auffallend ist dieß bei den neutralen Salzen dieser Art. Neutrales weinsaures Ammoniak verzögerte die Gährung bis zum achten Tage, wo sich kaum Spuren von Gas entwickelten, und eine merkliche Gährung trat erst am zehnten ein. Auch die pflanzensauren Salze anderer Basen verhalten sich ähnlich wie die Ammoniaksalze, sie mögen leicht, schwer oder gar nicht auflöslich seyn.

Wenn man Zuckerauflösungen mit mehr Weinstein versetzt, als sie aufzulösen vermögen, so wirkt ein Ueberschuß viel kräftiger, als wenn nur so viel vorhanden ist, als sich gerade auflöst. Ebenso verhält sich der weinsteinsäure und selbst der ganz unauflösliche oxalsäure Kalk. Der letztere wirkt zwar in einer Menge von 5 auf 144 Zucker in 1440 Wasser wenig, zu 15 dagegen sehr stark.

Die Salze scheinen überhaupt die Gährung in dem Maasse zu begünstigen, je elektronegativer sie sich verhalten, d. h. eine je kräftigere elektrische Spannung sie mit dem neu zu bildenden basischen Körper, dem Alkohol, hervorzurufen im Stande sind, um so dessen Entstehung zu prädisponiren. Dabei müssen sie sich aber möglichst chemisch indifferent gegen den Zucker verhalten, weil sonst das Bestreben, mit diesem eine der Gährung widerstehende Verbindung einzugehen, jene elektrische Erregung überwiegt und statt die Gährung anzuregen, muß sie vielmehr von diesen Salzen entweder ganz oder doch auf sehr lange Zeit unterdrückt werden.

Das ist der Grund, warum sich besonders die sauren pflanzen-sauren Salze und von diesen wieder die einer möglichst schwachen Basis, nämlich des Ammoniaks, in der Beförderung der Weingährung auszeichnen. Das neutrale weinsäure Ammoniak bewirkte erst in 20 Tagen jenen Grad der Gährung, welchen das saure Salz schon am fünften hervorruft. Auf dieselbe Weise verhielt sich das neutrale und saure Ammoniaksalz der Essigsäure. Wenn die pflanzen-sauren Salze stärkere Basen enthalten, so müssen sie wenigstens unauflöslich oder schwerlöslich seyn, weil sie dann nicht so leicht mit dem Zucker in wirkliche Verbindung treten. Der Weinstein giebt dem weinsäuren Ammoniak an Wirksamkeit wenig nach, während das leicht auflösliche zweifach weinsäure Natron die Gährung geradezu verhindert. Ich versetzte Auflösungen von 444 Gran Zucker in 3 Unzen Wasser mit 2, 5, 10, 20, 40 und 200 Gran dieses Salzes und 90 Gran ganzer Kohle. Die Probe mit 1 Gran fing in der dritten Woche zu gähren an, die mit 10 und 20 nach 8 Wochen. Die beiden letzten waren noch nach einem Vierteljahre völlig unverändert. Für Kohle kann von diesen Salzen, wenn sie die angegebenen erforderlichen Eigenschaften besitzen, nicht leicht zu viel zugesetzt werden, wohl aber für Hefe. Wahrscheinlich tödtet ein Uebermaass die Hefenpilze und zerstört ihre Absorp-

tionskraft, wovon die gährungerregende Kraft selbst abhängig ist.

Unter den Salzen der anorganischen Basen mit Mineralsäuren wirken besonders die Schwermetallsalze hindernd auf die Gährung. Proben von 8 Unzen Zuckerauflösung mit Kohle und 5 Gran Kupfervitriol, Quecksilbersublimat, arseniksaurem Natron und chromsaurem Kali waren noch nach 15 Wochen unverändert. Die übrigen Salze beschleunigen meistens den Eintritt der Gährung etwas, sie mögen sauer oder neutral seyn. In dieser Hinsicht zeichnet sich besonders das salpetersaure Kali und Ammoniak aus, allein wenn die Gährung einmal eingetreten ist, dann verläuft sie weit energischer, wenn gar keines dieser Salze zugegen ist.

Das Kochsalz, welches sich vorzüglich leicht mit dem Zucker verbindet, tritt auch schon in einiger Menge der Gährung sehr hemmend entgegen. 5 Gran Kochsalz in eine Auflösung von 144 gemeinem Zucker in 1440 Wasser gebracht, verhinderten diese Auflösung 5 Wochen lang an der Gährung, ebenso Chlorcalcium. Dieselbe Quantität Krümelzucker hingegen wurde von 15 Gran Kochsalz nur 18 Tage an der Gährung gehindert, wo dieselbe schwach und am folgenden Tage sehr stürmisch eintrat; 45 Gran hielten die Gährung 3 Wochen lang auf. Alaun verhindert in derselben Quantität wie das Kochsalz die Gährung des gemeinen Zuckers. Beim Alaun scheint übrigens diese Wirkung mehr auf dem Vorherrschen der Säure, als auf einer Eigenthümlichkeit der Basis selbst zu beruhen, denn die freie Thonerde kann, wie oben angegeben, sogar die Gährung selbstständig als poröser Körper einleiten, wogegen eine Quantität von 1440 der angegebenen Zuckerauflösung nicht in Gährung kommt, wenn sie 5 Gran wasserfreie Schwefelsäure oder Salpetersäure enthält.

Organische Säuren, z. B. Weinsäure, verzögern gleichfalls schon in kleiner Menge (5 Gran) die Gährung um mehrere (9 statt 5) Tage; grössere Mengen derselben (45

Gran) verhindern sie ganz. Schwächer (und 2 Tage) wirkt die Essigsäure. Die Salze der Gerbsäuren, namentlich der Gallussäure, sind gleichfalls der Entwicklung der Weingährung, wenigstens in gröfseren Mengen, nachtheilig. Die erwähnte Zuckerauflösung mit 45 Gran zweifach gerbsaurem Natron versetzt, kam am neunten Tage, mit ebenso viel gallussaurem Salze erst nach 4 Wochen in Gährung.

Wenn man eine mit frisch ausgeglühter Kohle versetzte Zuckerauflösung mit Kohlensäure übersättigt, so tritt die Gährung etwas früher ein als ohne diesen Zusatz. Es scheint also, dafs ein grofser Ueberschufs von Kohlensäure nur dann die Gährung unterbricht, wenn er einen starken Druck auf die Flüssigkeit ausübt, welcher die Gasentwicklung erschwert und zuletzt ganz verhindert. Daher wirken starke Fermente, wie Käsestoff, Thierfaser etc. kräftiger, wenn sie zuvor schon etwas in Fäulnifs übergegangen sind, weil sie dann Kohlensäure entwickeln.

Die kohlensauren Salze, neutrale und saure, z. B. ein- und zweifach kohlensaures Natron, ebenso die Kreide, befördern trotz ihrer Neigung sich mit dem Zucker zu verbinden, die Gährung. Sie prädisponiren aber, namentlich die Salze der stärkeren Basen, zur Milch- und Buttersäurebildung und verwandeln in gröfserer Menge fast die ganze Masse des gemeinen Zuckers in diese Säuren und in Schleim. Wenn die Gährung im Gange ist, kann man 50 Gran calcinirter Soda auf 3 Unzen Zuckerauflösung zusetzen, ohne dafs die Gährung mehr als vorübergehend unterbrochen wird; wenn sie aber noch gar nicht eingetreten war, dann kann sie schon durch 5 Gran verhindert werden.

Das Stärkmehl zersetzt sich weit leichter als Zucker, jedoch nicht in Alkohol, sondern in Milch- und Buttersäure. Der Kleister wird schon für sich bald sauer, wenn man ihn aber mit Kohle versetzt, so erfolgt die Milchsäurebildung bei gewöhnlicher Temperatur schon am zweiten Tage unter lebhafter Gasentwicklung, noch rascher und kräftiger aber mit Hefe; später bilden sich reichliche Mengen von Buttersäure. Trotz dieser leichten Zersetzbarkeit

wird die Gährung des Stärkmehls durch Salze bei Weitem leichter gehemmt als die des Zuckers. 45 Gran zweifach weinsaures Ammoniak, welche 3 Unzen Zuckerlösung am fünften Tage in lebhafte Gährung versetzten, ließen die Gährung beim Stärkmehl erst nach 4 Wochen eintreten.

Nach all diesen Beobachtungen stellt sich mit vieler Wahrscheinlichkeit heraus, daß die Wirkung der Hefe nicht aus einer specifischen Kraft Weingeist zu bilden erklärt werden könne, weil alle porösen Körper diese Eigenschaft mit ihr theilen, und andere Körper als Zucker durch Hefe keinen Weingeist, sondern andere Zersetzungsproducte bilden, wie die Umwandlung des Stärkekleisters in Buttersäure durch Hefe beweist.

Was die Salze angeht, so sind diese hienach beim Gährungsprocesse an und für sich zwar überflüssig und sehr häufig selbst nachtheilig, allein die sauren Salze zeigen eine ganz besondere Wirkung bei diesen Zersetzungen, welche von Wichtigkeit ist für den regelmäßigen Verlauf der Weingährung.

Die sauren Salze, besonders die der Pflanzensäuren, begünstigen zwar in allen geistigen und zuckerhaltigen Flüssigkeiten, welchen sie beigemischt sind, die Essigbildung und mit ihr die Entstehung von Kahl und Schimmel, aber sie wirken einem andern, weit unangenehmeren Uebelstande, nämlich der Schleim- und Milchsäurebildung entgegen. Sie disponiren vermöge ihrer elektronegativen Natur mehr zur Bildung eines basischen Products, nämlich des Alkohols, als eines sauren, wie die Milchsäure. Erst, wenn sich Alkohol wirklich gebildet hat, treten sie wieder mit diesem in kräftige Spannung und die Verwandtschaft des letzteren, als eines elektropositiven Körpers zum Sauerstoff, wird hiedurch so gesteigert, daß er sich damit zu Essigsäure verbindet.

Daher kommt es, daß die Auflösung des gemeinen Zuckers, welcher ohnedieß sehr zur Schleim- und Milchsäurebildung geeignet ist, so leicht die Consistenz eines dicken Stärkekleisters und einen unangenehmen Geruch nach

saurer Milch annimmt, wenn man sie mit Kohle entweder für sich, oder mit neutralen, oder basisch reagirenden Salzen, wie die kohlensauren Alkalien und Erden, der Gährung überläßt.

Es ergibt sich daraus die Bedeutung der sauren Salze in den Pflanzensäften bei der Weingährung. Der Weinstein verhütet, wenn er in erforderlicher Menge im Weine gelöst ist, das Zäh- oder Langwerden desselben, während er im Uebermaafs zur Essigbildung disponirt.

Nun läßt sich nach den jetzigen Erfahrungen die Wirkung der Hefe durch einen Austausch ihrer Bestandtheile mit denen des Zuckers nicht erklären, denn die Zersetzungsproducte des Zuckers, nämlich Alkohol und Kohlensäure, nehmen eben so wenig etwas von der Hefe auf, als die Hefe etwas aus dem Zucker. Mit einem Worte: Die Wirkung der Hefe ist durch ein Gesetz der chemischen Anziehung nicht zu erklären und muß demnach auf einem physikalischen Gesetze beruhen.

Da poröse Körper gleichfalls die Gährung einzuleiten vermögen, die nur durch ihre Flächenanziehung oder Absorption wirksam sind, so kann man die gährungserregende Eigenschaft der Hefe vorläufig auch nur in ihrer Absorptionskraft suchen. Es fragt sich nun, gegen welches Zersetzungsproduct des Zuckers die Hefe eine Anziehung ausübe, gegen den Alkohol, oder gegen die Kohlensäure?

Von der Kohle wissen wir, daß sie keine sonderliche Anziehung zum Alkohol besitzt, man kann denselben durch Kohle von riechenden Beimengungen, wie Fuselöl u. dgl. befreien; nur letzteres und nicht der Alkohol wird von der Kohle absorbirt, obgleich er in weit überwiegender Menge vorhanden ist. Dagegen zieht die Kohle die Kohlensäure mit großer Begierde an, wenn sie auch nur in kleiner Menge, wie in der atmosphärischen Luft vorkommt.

Man muß danach annehmen, die Gährung werde dadurch eingeleitet, daß das Ferment Kohlensäure aus den Bestandtheilen des Zuckers zu bilden strebe. Allein zur Einleitung der Gährung sowohl durch Hefe, als durch po-

röse Körper muß, wenigstens anfangs, die atmosphärische Luft einige Zeit einwirken, das Ferment scheint also nicht dadurch zu wirken, daß es aus dem Zucker Kohlensäure zu bilden strebt, sondern dieß muß durch Absorption eines Gemengtheiles der Luft geschehen.

Da der Stickstoff als indifferenter Körper nicht in Betracht kommt, so kann hier nur vom Sauerstoff, oder von der Kohlensäure die Rede seyn. Nach Brendecke kann Sauerstoffgas bei porösen Körpern als Fermenten die Stelle der atmosphärischen Luft vertreten. Nach Döbereiner gerathen frische, unverletzte Früchte in absolut reiner Kohlensäure in Gährung, und nach meiner Beobachtung leitet Kohle sowohl in Gegenwart von Sauerstoff als von Kohlensäure die Gährung ein, bei der letzteren schneller, schon am fünften Tage, bei Sauerstoff erst am siebenten, wahrscheinlich, weil die Kohlensäure in größerer Menge von der Kohle absorbirt wird, als Sauerstoff.

Sowohl Sauerstoff als Kohlensäure sind elektronegative Substanzen; sie bilden einen Gegensatz zum elektropositiven Alkohol und prädisponiren daher seine Entstehung, aber nur dann, wenn sie durch die kräftige Flächenanziehung der Hefe oder eines porösen Körpers in den Zustand starker Verdichtung übergeführt werden, und die elektrische Spannung kann durch Mithülfe mancher Salze erhöht werden, wenn diese nicht zugleich auch den Zucker oder das Ferment chemisch afficiren.

Das Ferment braucht nur eine Zeit lang mit der Luft in Berührung zu kommen, nämlich so lange, bis es sich damit gesättigt hat. Die Gährung schreitet dann auch bei Luftabschluß ungestört fort, weil das absorbirte Gas nicht selbst in die Zersetzungsproducte eingeht und daher nicht abnimmt.

Die Umwandlung der stickstoffhaltigen Körper in Hefe bei der Gährung ist demnach ein selbstständig verlaufender Proceß, der mit der Gährung in keinem anderen Zusammenhange steht, als die Sublimation des Schwefels, die Verkohlung des Holzes, oder die Darstellung des Blattsilbers,

Diese Stickstoffverbindungen liefern durch chemische Zersetzung ein Product, welches eine gährungerregende Eigenschaft besitzt, aber man erhält ein ähnliches Product durch eine andere chemische oder mechanische Operation, wenn auch nicht von gleicher chemischer Zusammensetzung mit der Hefe, doch von derselben Eigenschaft in Bezug auf die Erregung der Gährung. Die Hefenbildung hat also mit der Aufstellung einer Gährungstheorie in dem angeregten Sinne nicht mehr zu schaffen, als die Bildung des Zuckers, aus welchem der Weingeist entsteht. Der Zucker ist entweder ein Erzeugniß der Vegetation oder der Umwandlung des Stärkmehls durch Schwefelsäure oder Diastase; oder er bildet sich erst zum Theil noch während der Gährung unter dem Einflusse der in dem Malze enthaltenen Diastase oder des Klebers. Ebenso ist es mit der Hefe.

Bei der Gährung des Mostes entsteht die Hefe während der Gährung selbst. Bei der Biergährung muß schon fertige Hefe zugesetzt werden, aber es entsteht gleichfalls Hefe während der Gährung. Wenn man endlich eine reine Zuckerauflösung durch fertige Hefe in Gährung versetzt, so wird bei dieser Gährung gar keine Hefe gebildet.

Insofern also eine Weingährung ohne Hefenbildung und selbst ohne Hefe denkbar ist, muß man die Hefenbildung für einen zwar die Gährung gewöhnlich begleitenden, sonst aber für diese ebenso bedeutungslosen und rein zufälligen Vegetationsproceß ansehen, wie die Entstehung des Schimmels und der Schwämme bei den Fäulniß- und Verwesungsprocessen. Die Chemie hat Fäulnißtheorien aufgestellt, ohne sich zugleich mit der Entstehungstheorie dieser Pflanzengebilde beschäftigen zu müssen, mögen diese auch bei ihrer Fäulniß selbst Fermente abgeben, oder nicht. Es ist dies eine Aufgabe der Pflanzenphysiologie, und, wenn sie von dieser noch nicht gelöst worden ist, so bildet dies vorläufig kein Hinderniß für die Aufstellung einer Theorie der Fäulniß. Diese Gebilde entstehen (oder entwickeln sich aus Samen) gerade hier und nicht anderwärts, weil sich nur hier das zu ihrer Entwicklung nöthige Material vorfindet.

Sie können sich nicht unmittelbar aus ihren Elementen zusammensetzen, sondern es müssen schon gewisse nähere Bestandtheile (zusammengesetzte Körper) vorhanden seyn, welche unter sich oder mit anderen Körpern zusammentreten, wenn jene Pflanzen entstehen sollen.

Die Stoffe, auf denen eine Vegetation entsteht, oder ein Boden von gewisser Zusammensetzung, ist der Pflanze gewöhnlich deshalb ein Bedürfnis, weil er derselben die nöthige Nahrung liefert. Doch gilt dies nicht von allen Bodenbestandtheilen. Manche Pflanzen wachsen z. B. nicht auf Thonboden, sondern nur auf Sand, obgleich sich die Aufnahme der Kieselsäure, wegen des unauflöslichen Zustandes, wie sie im Sande vorkommt, weit leichter aus dem Thon als aus dem Sande denken läßt. Der Sand ist diesen Pflanzen ein Bedürfnis, nicht immer als Nahrung, sondern er erfüllt andere Bedingungen, welche für die Pflanzen unerläßlich sind, er lockert den Boden und erleichtert dadurch den Zutritt von Luft und Wasser, begünstigt die Wurzelverbreitung u. s. w. Etwas der Art mag auch bei der Hefenbildung der Fall seyn.

Die Wirkung vieler chemischer Agentien ist sehr verschieden, je nachdem dieselben auf einmal, in größerer Menge oder in concentrirtem Zustande auf andere Körper einwirken, als wenn sie allmählig, nur in kleinen Mengen oder nur in verdünntem Zustande damit zusammentreffen. Man braucht sich nur an die Schwefelsäure zu erinnern. Wenn dieselbe mit Holzfaser, Stärkmehl, Dextringummi und dgl. in concentrirtem Zustande in Berührung kommt, so verwandelt sie dieselben größtentheils in die einfachsten Verbindungen, welche ihre Elemente einzugehen vermögen, in Wasser und Kohlensäure und in freien Kohlenstoff. Ist die Säure verdünnt, so verwandelt sie das Stärkmehl in der Wärme anfangs in Dextringummi, einen von der Stärke zwar in manchen Eigenschaften, nicht aber in der Zusammensetzung verschiedenen Körper. Auch bei längerer Einwirkung zersetzt diese Säure die Verbindung nicht, sondern veranlaßt sie bloß zur Aufnahme von zwei Atomen Was-

ser, wodurch sie zu Krümelzucker wird. Bei gewöhnlicher Temperatur hat eine sechsfach mit Wasser verdünnte Schwefelsäure gar keine Einwirkung auf das Stärkmehl, etwas stärkere Säure löst es auf, aber ganz unverändert.

Wenn die stickstoffhaltige Substanz unmittelbar mit der Luft in Berührung ist oder in gewöhnliches Wasser gelegt wird, welches stets Luft aufgelöst enthält, so fault oder verwest sie rasch. Je mehr aber die Luft durch Auflösung von Zucker oder Gummi aus dem Wasser verdrängt wird, um so mehr muß die Zersetzung unterdrückt werden, bis sie bei einer Concentration von 1 Theil Zucker auf 4 Theile Wasser ganz und gar aufhört.

Der Sauerstoff wirkt in der freien Luft, in mehr concentrirtem Zustande, in größerer Menge und daher energischer, zerstörender auf die stickstoffhaltige Substanz ein, als wenn er zuvor eine Gummi- oder Zuckerauflösung durchdringen muß. Diese Flüssigkeiten sind keine unbedeutenden Hindernisse für die Oxydation solcher Stickstoffverbindungen, denn, wenn die Oberfläche der Flüssigkeit nicht *sehr* groß ist, wie bei der Untergährung des Biers, so ist die Sauerstoffaufnahme aus der Luft so sehr erschwert, daß sogar den in der Flüssigkeit aufgelösten Körpern, z. B. dem Zucker- und Farbstoffe, Sauerstoff entzogen wird, obgleich er da erst aus einer chemischen Verbindung ausgeschieden werden muß.

Die Zersetzung des stickstoffhaltigen Körpers muß also in einer Zuckerauflösung offenbar weit langsamer von Statuen gehen, als an der freien Luft. Uebergänge, welche an der Luft verschwindend schnell verlaufen, treten in der Zuckerauflösung nur allmählig ein und lassen hier der Entwicklung von Pflanzen Zeit, deren Nahrung dort eher wieder zersetzt und zerstört wird, als sich dieselben entwickeln können.

Daß die Weingeistbildung bei Verminderung der Hefe unter ein gewisses Minimum nicht mehr in wahrnehmbarem Zustande stattfinden könne, ist eine von den gewöhnlichen Gesetzen nicht abweichende Erscheinung. Ist mehr Zucker

da, als Material zur Hefenbildung (stickstoffhaltiger Körper), so geht nur so viel Zucker in Weingeist über, als das kurze Leben der Hefenpilze gestattet, die nach dem Tode nicht mehr gährungerregend sind. Ist dagegen mehr stickstoffhaltige Substanz als Zucker da, so wird die Menge der daraus entstehenden Hefe nur so lange zunehmen, bis die Stärke des gebildeten Weingeistes die Vegetation hemmt. Nimmt sie später bei steigender Wärme wieder zu, so sehen wir ja auch bei anderen Vegetationsprocessen, daß die zunehmende Wärme verbunden mit gehöriger Feuchtigkeit oft die ungünstigsten Bodenverhältnisse überwindet.

Nach Quevenna können sich auch ohne alle Gährung und bei gänzlicher Abwesenheit von Zucker, z. B. in ganz zuckerfreiem Urin, hefenähnliche Pflanzengebilde erzeugen.

(Schluß im nächsten Heft.)

III. *Ueber die schwarzen und gelben Parallel-Linien am Glimmer; von Wilhelm Haidinger.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem Februar-Hefte des Jahrganges 1849 der Sitzungsberichte der K. Acad. d. Wiss.)

Ich beabsichtige heute der hochverehrten mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe eine Mittheilung über eine einfache, aber sehr auffallende Interferenz-Erscheinung vorzulegen, die ich schon vor mehreren Jahren beobachtete, und die ich auch schon zu wiederholten Malen die Befriedigung hatte, mehreren Physikern vorzuzeigen, die sie vorher noch nicht gesehen hatten. Verwandte Erscheinungen sind bereits beschrieben worden, aber diese zeichnet sich so sehr durch die Leichtigkeit der Beobachtung aus, daß sie recht bekannt gemacht und überall aufgesucht zu werden verdient.

Weingeistlampe,
alcohol-lamp?
But then, what is "spirituslampe"?
220 Same?

Man betrachte das Spiegelbild der Flamme einer Weingeistlampe, deren Docht mit Salz eingerieben ist, auf einem dünnen aber doch ebenen Glimmerblatt, und zwar so, dass man dasselbe ganz nahe an das Auge hält. Das homogene Gelb der Spirituslampe wird durch zahlreiche schwarze Querstreifen von gleicher Breite mit den dazwischen übrigbleibenden gelben Streifen zertheilt erscheinen, die senkrecht auf der Einfallsebene des Lichtes stehen. Je dünner die Blättchen sind, desto breiter werden die Streifen; bei dickeren Blättchen werden sie außerordentlich fein, aber bleiben dabei höchst regelmässig. Es wäre mir nun freilich sehr erwünscht gewesen, genauere Untersuchungen, einige Messungen u. s. w. anzustellen, und damit einer Mittheilung dieser an sich sehr netten Erscheinung ein größeres Interesse zu geben; ich theilte sie zu diesem Zwecke jüngeren Physikern mit, habe aber kein Resultat dadurch erzielt. Sie verdient aber gewiss für sich mit einem Worte angezeigt zu werden, bevor sie, ohne weitere Aufmerksamkeit zu erregen, in den optischen Lehrbüchern an dem ihr angemessenen Orte eingereiht wird.

Die Erklärung dieser gelben und schwarzen miteinander abwechselnden Querstreifen ist wohl sehr einfach. Sie stellen sehr hohe Ordnungen, der Newton'schen Farbenringe vor. Bekanntlich erscheinen die ersten sieben, im weissen Lichte so glänzend farbigen Ringe, durch das homogene Gelb der Spirituslampe beleuchtet, abwechselnd gelb und schwarz, und sind noch von einem ferneren zahlreichen Wechsel von gelben und schwarzen Linien in paralleler Folge umgeben. Die parallelen Linien im Glimmer stellen nun die äusseren dieser Ringe vor. Je schiefer der Winkel ist, unter dem man das Glimmerblatt betrachtet, um so grösser wird die Distanz, welche das Licht innerhalb demselben durchläuft, um von der hintern Fläche zurückgeworfen zu werden. Die Maxima und Minima der Intensität sind dann die gelben und schwarzen Streifen.

Man macht die Beobachtung sehr schön, wobei die gel-

ben und schwarzen Parallel-Linien sehr lang erscheinen, weil das Gesichtsfeld vergrößert wird, wenn man ein Blatt weißes Papier, das von der Spiritusflamme homogen gelb beleuchtet ist, sich in dem Glimmerblatte spiegeln läßt.

Sehr dünne Blättchen erscheinen ganz schwarz oder ganz glänzend, wenn sie so kleine Dimensionen haben, daß sie nur die Minima oder Maxima abspiegeln; dies giebt bei den gewöhnlichen, unregelmäßig zerrissenen Glimmerblättchen ein eigenthümliches moirirtes Ansehen.

Talbot hat eine der eben erwähnten in vieler Beziehung ähnliche Erscheinung beobachtet. Herschel giebt eine Nachricht darüber in seinem *Treatise on Light* ¹⁾: „Folgende sehr schöne und genügende Art die Fransen darzustellen, welche von einem Glasblättchen von fühlbarer Dicke gebildet werden, ist von Talbot ausgedacht worden. Wird eine Glasblase so dünn geblasen, daß sie springt, und betrachtet man die dadurch entstehenden Glasblättchen in einem dunkeln Zimmer, bei der Flamme einer mit einem gesalzenen Docht versehenen Weingeistlampe, so erscheinen dieselben mit Streifen bedeckt, die abwechselnd hell und schwarz sind, und in parallelen Lagen nach den verschiedenen Dicken des Blättchens laufen. Wo die Dicke ziemlich gleichförmig ist, sind die Streifen breit; wo sie sich schnell ändert, kommen die Streifen so häufig, daß sie sich mit unbewaffnetem Auge nicht mehr unterscheiden lassen, und man das Mikroskop zu Hülfe nehmen muß. Nimmt man an, daß die Dicke des Blättchens $\frac{1}{1000}$ Zoll beträgt, so entsprechen die entstehenden Streifen ungefähr der 89. Ordnung der Ringe, und sie beweisen den hohen Grad von Homogenität des Lichtes“ u. s. w.

Nach Brewster's ²⁾ Bericht über dieselbe Beobachtung Talbot's zeigen die einzelnen Glasblättchen auf ihrer Fläche „abwechselnd gelbe und schwarze Fransen, von denen jede in ihren Umrissen Linien bildet, die in den

1) Ueber das Licht; übersetzt von Schmidt. S. 348.

2) Populäres, vollständiges Handbuch der Optik. Uebersetzt von Dr. J. Hartmann. S. 93.

Glasschichten gleiche Dicke haben. Ändert sich die Dicke langsam, so sind die Fransen breit, und leicht zu erkennen; ändert sich die Dicke aber plötzlich, so sind die Fransen dergestalt aufeinander gehäuft, daß man sie nur mit einem Mikroskope unterscheiden kann. Hätte eine von den Glasschichten nur ein Tausendtel eines Zolles Dicke, so würden die von ihr erzeugten Ringe der 19. Ordnung angehören; und könnte man ein breites Stück Glas erhalten, dessen Dicke in langsamen Abstufungen über ein Milliontel eines Zolles hinabginge, so würden 89 und wahrscheinlich noch mehr Ringe deutlich mit bloßen Augen zu unterscheiden seyn“.

In einer Anmerkung ist bei jenen Glassplittern noch angeführt: „Glimmerblättchen sind noch besser“. Ich fand diese Stelle auf, als ich die Literatur des Gegenstandes zu vergleichen begann, um die Ansichten der Physiker über dieses höchst merkwürdige Phänomen zu erfahren.

Aber die gelben und schwarzen Linien, welche Talbot an dünngeblasenem Glase beobachtet hat, sind von anderer Art als die Linien am Glimmer, wenn sie auch eine gemeinsame Quelle die Lichtinterferenz haben. Bei dem Glase wird in der That die Interferenz dadurch hervorgebracht, daß ungleich dicke Glasschichten auf einander folgen. Man verfolgt sie leicht bei dem Ausblasen großer Glaskugeln von 3 bis 4 Zoll Durchmesser, wie dies in mehreren Versuchen der Fall war, die Herr General-Probirer A. Löwe, freundlichst auf meine Bitte mit seinem Gebläse-Löthrohr anstellte. Es bildeten sich Mittelpunkte, wo das Glas am dünnsten wurde, von welchem die Ringe ziemlich gleichförmig immer weiter abrückten.

Die feinsten Linien waren in der größten Entfernung von jenen Mittelpunkten, um die herum die breiteren Ringe sichtbar waren, gerade so wie bei der gewöhnlichen Erzeugung der farbigen Ringe durch Linsen, die inneren breiter sind als die äußeren. Aber in der gewöhnlichen deutlichsten Sehweite betrachtet, behielten die Ringe ihre Lage bei, man mochte die Kugeln in was immer für einer Lage

durch die Spiritusflamme beleuchten; die gleiche Färbung beweist eine gleich dicke Glasschicht. Allerdings sind auch hier die Linien nicht ganz unbeweglich, sondern entfernen sich bei größerer Incidenz immer mehr von der dünnsten Stelle, wie dies bekanntlich auch bei den farbigen Ringen geschieht; aber doch bleibt ihre Richtung und ihr Zusammenhang jederzeit nach der dünnsten Stelle der Glaskugel als Mittelpunkt orientirt. Bringt man die Glaskugel mit ihren feineren Streifen ganz nahe an das Auge, so verschwinden sie, weil man dann nur den gleichzeitigen Eindruck vieler derselben auf einmal wahrnimmt. Nur bei den breitesten Streifen bleibt auch dann der deutliche Ausdruck der Abwechslung, und zwar um desto deutlicher, je mehr sich die Richtung der Linien der Querstellung nähert.

Die Linien des Glimmers erscheinen dagegen jederzeit in dieser Querstellung; man mag das Glimmerblatt in seiner eigenen Ebene drehen wie man will, jederzeit stehen die Abwechslungen der gelben und schwarzen Linien, zunächst der Einfallsebene des Lichtes, senkrecht auf derselben, und verbreiten sich von da zu beiden Seiten. Die beiden Flächen des Glimmerblättchens sind einander nämlich vollkommen parallel, und daher die Erscheinung in allen Azimuten gleich. Die Linien erscheinen um desto schärfer und deutlicher, je näher man das Glimmerblatt zum Auge bringt, im Gegensatze zu den Linien im Glase, die dann immer undeutlicher werden und am Ende verschwinden.

In dem schmalen Bilde der Weingeistflamme erscheinen die abwechselnden gelben und schwarzen Streifen als kurze, gerade, parallele Linien. Ueber das Wesen ihrer eigentlichen Gestalt in der Erscheinung bemerkt Herr General-Secretair von Ettingshausen folgendes: „Die Incidenzpunkte auf dem Glimmerblatte, welche einerlei Gangunterschiede der Strahlen entsprechen, liegen bei ungeänderter Stellung des Auges in einer Kreislinie, deren Centrum durch das Loth vom Auge auf das Glimmerblatt angezeigt wird. Die zugehörnde Erscheinung, welche das Auge sieht, ist

die Durchschnittslinie der Kugelfläche, deren Scheitel sich im Auge befindet, und welche genannte Kreislinie in sich faßt, mit der Fläche, worauf das Auge die Erscheinung versetzt. Die gesehene Curve ist sonach „bei der Art der angestellten Beobachtung“ eine Hyperbel, deren Krümmung unmerklich bleibt“. Die Beobachtung war so angestellt worden, daß das Glimmerblatt horizontal gelegt war und der Einfallswinkel, vom Auge aus gerechnet, um ein Namhaftes größer war als 45° .

Die concentrischen Interferenzlinien auf der Glimmerfläche sind also wahre Kreise, aber sie werden jedesmal nur in einer einzigen Richtung betrachtet, die selbst senkrecht auf einer von diesen Kreislinien steht, und zugleich in der Oberfläche des erwähnten Kegels liegt. Das Auge, in dieser Richtung festgehalten, sieht also die Projection eigentlich auf der Fläche, welche senkrecht auf der Gesichtsrichtung steht, wenn sie sie auch unbewußt oft auf eine andere Fläche bezieht. Sowohl die Projection auf der Sehaxe, als auch die auf der quervorliegenden Verticalebene, auf der sich die Weingeistflamme abbildet, ist unzweifelhaft eine Hyperbel, wenn der Einfallswinkel, vom Auge aus gerechnet, größer ist als 45° . Je schiefere man nach dem Glimmerblatt hinsieht, desto mehr nähert sich die Hyperbel der geraden Linie. Bei einem Einfallswinkel von 45° ist der Kegel rechtwinklig und die Projectionsebene senkrecht auf die Sehaxe ist der gegenüberliegenden Seite des Kegels parallel, erscheint daher als Parabel. Bei einem kleineren Winkel als 45° nehmen die Linien die Gestalt von Ellipsen an. Man kann sehr leicht die Beobachtung so modificiren, indem man eine hinter den Kopf gestellte von der Lampe beleuchtete Papierfläche sich im Glimmer spiegeln läßt, daß man deutlich beobachten kann, wie die Linien sich zu beiden Seiten abkrümmen.

Wenn man das Glimmerblatt zusammenbiegt, so daß die Streifen der entstehenden Cylinderaxe parallel sind, so erscheinen sie in der Entfernung der deutlichsten Sehweite schärfer und feiner, und das zwar immer feiner, je stärker das

das Blatt zusammengebogen wird. Dem Auge genähert, verschwinden sie dann. Die wachsende scheinbare Dicke des Glimmerblattes beruht in diesem Falle auf zwei Ursachen, der Entfernung vom Auge, und der Krümmung, welche gleichzeitig wirkend, den Eindruck der Interferenz verwechseln.

An cylindrisch gekrümmten Glimmerblättchen hat Herr Baron Fabian v. Wrede ¹⁾ eine Erscheinung beschrieben, die hier noch angeführt werden muß, wenn sie auch gleichzeitig noch auf einem anderen Principe beruht, als die eben beschriebene Erscheinung. Wrede zerlegt die durch einen verticalen Glimmercylinder von einer Lichtflamme zurückgeworfenen Lichtlinie durch ein Prisma, und betrachtet das Spectrum durch ein Fernrohr. Durch die Interferenz von der vorderen und hinteren Fläche entstehen durch das ganze prismatische Farbenbild schwarze Linien, in größter Anzahl (bei 120) an der dickeren, in geringerer (einige und zwanzig) an der dünneren Seite des Glimmerblättchens. Es verdient hier jedoch hervorgehoben zu werden, daß die Flächen des Glimmerblättchens nicht etwa, wie es dort (S. 376) bemerkt ist, gegen einander geneigt seyn können. Im Gegentheile mußte das Blättchen nur darum an einer Seite dünner erscheinen, weil etwas mehr von der Substanz desselben durch die stets parallel fortgesetzte Theilbarkeit hinweggenommen worden war. Die Untersuchung der ebenen Blättchen selbst, giebt das beste Mittel an die Hand, um zu prüfen, ob die Dicke durchaus gleich sey. Nur dann ist nämlich die gleiche Erscheinung von Parallel-Linien in allen Azimuten möglich, während sie bei einer wirklichen Neigung der beiden Flächen die in einer Richtung feste Stellung der Linien auf dünnem Glase, wie sie Talbot beschrieb, annehmen mußten. Wo aber das Glimmerblatt, wie dies so häufig geschieht, durch Abtrennung von dünnen Blättchen ungleich dick ist, da entdeckt man sehr leicht, eben durch die Spiegelung des homogenen Lichtes

1) Poggendorff's Annalen. Bd. XXXIII. 1834. S. 353. Versuch, die Absorption des Lichtes nach der Undulationstheorie zu erklären.

Poggendorff's Annal. Bd. LXXVII.

der Spirituslampe, den genauen Zusammenstoß der dünneren und dickeren Theile, indem die Parallel-Linien, breiter in dem ersteren und schmaler in den letzteren, scharf an einander abgegränzt sind.

Bei Wrede's für die Theorie der Absorptions-Erscheinungen so wichtigem Versuch — er verbindet die Erscheinung der Reflexion mit der der Transmission — wird durch die *Cylindergestalt* das Bild zu einer Lichtlinie; die inneren Zurückstrahlungen und dadurch bewirkten Verzögerungen der Lichtwellen sind daher einer einzigen Linie ungemein genähert, so daß ihre Erscheinung durch das Prisma getrennt, erst durch das Fernrohr deutlich wird. Bei den Linien von der *ebenen Glimmerfläche*, gleichsam einem Cylinder von unendlichem Durchmesser, bleibt die Lichtquelle selbst, so weit sie reicht, ebenfalls über den ganzen Raum ihres wirklichen Durchmessers verbreitet, und man hat auch die Interferenzen von der ganzen Ausdehnung derselben, aber nur im homogenen Lichte und bloß auf die Senkrechte gegen das Glimmerblatt und die Einfallsebenen bezogen, wahrnehmbar.

Practische Forschungen und theoretische Ansichten knüpfen sich zahlreich hier an, die es wünschenswerth wäre, weiter zu verfolgen. Eine hieher gehörige Aufgabe möge kurz erwähnt werden.

Der Gangunterschied beträgt begreiflich für die interferirenden homogenen Lichtstrahlen, bei ihrer Reflexion von der vorderen und der hinteren Fläche in den hellen Streifen, eine ganze Anzahl von Wellenlängen, mehr einer halben Wellenlänge, in den dunkeln Streifen aber eine ganze Anzahl von Wellenlängen. Für den zunächstliegenden gleichnamigen Streifen wächst nur noch eine ganze Wellenlänge zu, oder nimmt eine Wellenlänge ab, jenes für gröfsere, dieses für kleinere Einfallswinkel. Hieraus folgt unmittelbar, bei geringen Aenderungen in der Dicke der Glimmerblättchen die gröfsere Breite der Streifen in dünneren, die Feinheit derselben in dickeren Glimmerblättern. Während man den Winkel zwischen zwei benachbarten Streifen mißt,

hat man eigentlich eine Gröfse bestimmt, die für eine bekannte Dicke des Glimmerblattes eine einfache Function einer einzigen Wellenlänge vorstellt. In dickeren Glimmerblättern folgen die feinen schwarzen Striche so schnell aufeinander, dafs es vielleicht gelingen dürfte, sehr gute Daten für die Messung der Wellenlänge selbst zu erhalten. Die Beleuchtung des Glimmerblattes mit den Farben des Spectrums müfste ebenfalls für die Entfernung der Streifen eine deutliche Verschiedenheit wahrnehmen lassen.

Noch mögen hier einige einzelne Wahrnehmungen aufgezählt werden.

Directes Sonnenlicht, durch eine Oeffnung im Fensterladen mit einem sehr dünnen Glimmerblatte aufgefangen, giebt ein zurückgeworfenes System von farbigen Interferenzstreifen, senkrecht auf den Einfallsebenen. Die mittlere Querlinie ist weifs.

Auf das Genaueste analog den von Talbot beschriebenen schwarzen Parallel-Linien auf dünn ausgeblasenem Glase sind die Linien, welche man, wie bekannt, zwischen zwei aufeinandergelegten Plangläsern in der Beleuchtung durch die homogene Spiritusflamme wahrnimmt, nur dafs dort eine Schicht stärker brechendes Mittel zwischen weniger brechenden sich befindet, wovon hier das Gegentheil eintritt. Auch hier sind die Linien am schärfsten in der gewöhnlich deutlichsten Schweite, und verschwinden, wenn man sie dem Auge nahe bringt.

Durch seine Zähigkeit und leichte Theilbarkeit ist vorzüglich der Glimmer zur Beobachtung dieser Erscheinung geeignet, aber sie ist natürlich nicht auf ihn beschränkt; man beobachtet sie auch zum Beispiel an dünnen Blättchen von Gyps. Sehr schön beobachtet man sie unter anderem auch an den Blättchen von Kalkspath, welche in der Lage der Rhomboëderfläche $\frac{1}{2}$ R', durch die Ebene der grofsen Diagonalen der Rhombenflächen des Rhomboëders von $105^{\circ} 5'$, parallel den stumpfen Kanten gelegt, erscheinen und durch Zwillingsskrystallisation erklärt werden müssen. Wäre es ja noch nothwendig zu beweisen, dafs es wahre

Blättchen und nicht bloße Trennungen in der Masse sind, so würden die schwarzen Parallel-Linien hiezu vollkommen hinreichen. Sie werden immer deutlicher und schärfer, je näher man das Stück zum Auge bringt, während die von Trennungen herrührenden Linien — die im gewöhnlichen Lichte das Irisiren darstellen — unter gleichen Verhältnissen mit einander verschwimmen.

Die schwarzen Parallel-Linien werden mit der größten Deutlichkeit im zurückgeworfenen Lichte beobachtet. Man hat da den schneidenden Gegensatz zwischen dem zurückgeworfenen hellen Lichte und dem dunkeln Schwarz vom Abgange desselben, wenn man das Glimmerblatt gegen einen dunkeln Grund hält. Unter dem Polarisationswinkel ist natürlich alles Licht der hellen Linie in der Einfallsebene polarisirt, und kann durch ein mit der längeren Diagonale quergestelltes Nicol'sches Prisma ausgelöscht werden. Hält man das Glimmerblatt in schiefer Stellung zwischen das Auge und die homogene Spiritusflamme, so sieht man auch direct die Parallel-Linien, aber sie bilden dann einen viel weniger auffallenden Gegensatz mit den helleren Theilen, weil überhaupt das Ganze heller erscheint.

IV. *Ueber den Pleochroismus des Chrysoberylls; von W. Haidinger.*

(Vom Hrn. Verf. übersandt aus den Berichten über die Mittheilungen von
Freunden der Naturwissenschaften in Wien.)

Die brasilianischen und ostindischen Varietäten der Species, als Krystalle oder Geschiebe in dem Sande der Flüsse gefunden, von spargelgrüner Farbe, auch die von Haddam in Nordamerika, und die von Marschendorf in Mähren, beide mit Granat, und von ganz ähnlichen blafsgrünen Far-

ben, konnten wenig zur Untersuchung in Bezug auf pleochromatische Erscheinungen einladen.

Zur Vervollständigung des Verzeichnisses diente mir jedoch schon vor längerer Zeit ein kleiner Krystall von Hrn. Dr. Baader für das K. K. Mont. Museum erkaufte, aus Brasilien. Fig. 18, Taf. 1. Die Flächen i bilden eine horizontale Kante von $119^{\circ} 46'$ und liegen als horizontales Prisma oder Doma \bar{D} an der scharfen Axenkante des Grundorthotyps von $86^{\circ} 16'$. Die Querfläche T ist $= \infty \bar{D}$, die Längsfläche $M = \infty \bar{D}$.

Die Farbe im Ganzen war spargelgrün. Durch die dichroskopische Lupe zerlegen sich die Farben der Seitenfläche T und M in die drei Töne:

1. Spargelgrün, blasser als 2;
2. Spargelgrün, wie das Ganze;
3. Spargelgrün, in das Oelgrüne.

Der Contrast auf der Fläche 0, welche senkrecht auf T und M steht, giebt die Farbe 3 deutlich mehr Gelb als 2.

Der bläseste Ton ist 1,

Der mittlere - - 2,

Der dunkelste - - 3.

Obwohl deutlich unterscheidbar, sind diese Töne doch keineswegs besonders in die Augen fallend, am wenigsten aber mit den schönen Lichteffecten zu vergleichen, welche man an der erst neuerlich am Ural in der Smaragdgrube im Walddistricte 180 Werst von Jekatherinburg entdeckten wiederfindet, die unter dem Namen *Alexandrit* von Hrn. v. Wörth in dem 1. Bande der Schriften der Russisch-Kaiserlichen Gesellschaft für die gesammte Mineralogie zu St. Petersburg p. CXVI. beschrieben worden ist.

Nach Hrn. v. Wörth ist der Alexandrit bei auffallendem Lichte lauchgrün oder dunkel smaragdgrün, bei durchfallendem Lichte himbeerroth oder colombinroth. Die letztere Farbe allein waltet bei einer Beleuchtung durch Kerzenlicht vor, so dafs man an der Identität eines und desselben in zwei verschiedenen Beleuchtungen beobachteten Stückes

zweifeln könnte. Der Alexandrit ist dort nach beiden Arten in colorirten Tafeln abgebildet. In jener Mittheilung sind auch von dem Russisch-Kaiserlichen Akademiker, Hrn. E. v. Lenz Untersuchungen über den Dichroismus gegeben, die sich auf die in der Krystallisation nahe regelmässig-sechsseitige Fläche beziehen, vorzüglich in den sechsstrahligen Zwillingsskrystallen, und welche sehr gut den Contrast ausdrücken, der zwischen den bei durchfallendem Lichte gesonderten Farbentönen von Roth und Grün entsteht. Auch die Lage der Polarisationssebene in den farbigen Lichtbündeln ist trefflich darin orientirt, indem bei der in Mohs' Grundriss gewählten Stellung, wo die Endkante des Prismas von $119^{\circ} 46'$ horizontal und zu oberst liegt, der in der Richtung des Hauptschnittes polarisirte Strahl (1 Fig. 18) roth ist, der senkrecht darauf polarisirte (2 Fig. 18), eine grüne Farbe besitzt. Es ist übrigens in jener Abhandlung immer nur von einem *Dichroismus* die Rede.

Ich hatte längst gewünscht, ein Fragment eines gut krystallisirten Alexandrits durch die dichroskopische Lupe zu untersuchen, aber die Stücke in dem hiesigen K. K. Hof-Mineralien cabinet sowohl als die in den Sammlungen Berlins zeigten blofs die grofsen in Glimmerschiefer eingewachsenen Krystalle, von denen man nichts herabbrechen konnte.

Endlich erfreute mich kürzlich eine freundliche Mittheilung des Mitgliedes der Kaiserlich Russischen Gesellschaft für Mineralogie, Hrn. Carl Cramer in St. Petersburg, der einen von mir bei einem Besuche, dessen ich mich von ihm in Wien erfreute, geäufserten Wunsch getreulich bewahrt, und nun auf eine Weise erfüllt hat, die meine Erwartungen in Bezug auf die Austheilung der Farbentöne vollkommen bestätigte.

Ich konnte nun mehrere kleine Krystalle und vollkommen durchsichtige Krystallfragmente durch die dichroskopische Lupe untersuchen. Von den letzteren liefs ich eines in die Gestalt einer Kugel schleifen. Ein Zwilling hatte

in der Projection auf einer Ebene parallel der Fläche M
die Form Fig. 19, Taf. 1.

Nun zeigten sich sehr deutlich die drei senkrecht auf einander stehenden Farbentöne eines höchst ausgezeichneten *Trichroismus*. Auf die Weise wie in der sechsseitigen Krystalltafel Fig. 1 orientirt, war bei Tageslicht, das helle Graulichweifs der Wolken, durch den Krystall besehen und durch die dichroskopische Loupe zerlegt:

1. Oelgrün in das Honiggelbe, hellster Ton.
2. Spangrün dunkelster -
3. Seladongrün mittlerer -

Gegen das vollkommen weiße Licht einer Kerzenflamme gehalten erschien:

- | | |
|---------------------|---------------|
| 1. Orangegelb | hellster Ton, |
| 2. Rein Smaragdgrün | dunkelster - |
| 3. Colombinroth | mittlerer - |

Nach den Benennungen in einer frühern Zusammenstellung von Beobachtungen über den Pleochroismus der Krystalle (Abb. der K. Böhm. Ges. der Wiss. V. Folge Bd. 3. ¹) gehören die Farbentöne:

1. Der großen Diagonale der Basis, parallel der Fläche M .
2. Der verticalen Hauptaxe.
3. Der kleinen Diagonale der Basis, parallel der Fläche T .

Die Farbentöne 1 und 2 sind es, welche Hr. v. Lenz beobachtet hat, und die er in derselben Folge roth und grün nennt, während der erstere hier ölgrün in das Honiggelbe genannt ist. Aber ein solcher Unterschied ist wohl theils in einem größern Umfang der Farbe in verschiedenen Stücken, theils darin begründet, daß die von mir untersuchten Krystalle dünner waren, als die zwei Linien dicke sechsseitige parallel der *M* Fläche geschliffene Tafel, welche Hrn. v. Lenz zu Gebote stand.

Die dritte Farbe, welche der auf M senkrecht stehenden kleinen Diagonale der Basis angehört, kann man durch die

1) Annal. Bd. 65, S. 1.

zwei Flächen *T*, oder in der Richtung der Axe, oder in dazwischen liegenden Richtungen beobachten. Sie ist besonders dadurch merkwürdig, daß sie selbst eine sogenannte *dichromatische* ist, in der es zwei Farbenmaxima giebt, denn in dünneren Stellen oder Krystallen ist sie seladongrün — grün mit einer Beimischung von Violett, — in dickeren Stellen oder Krystallen bleibt das röthliche Violett oder Colombinroth allein übrig. Diefs ist die *charakteristische Farbe* gewisser *Chromlösungen*, des Chromchlorürs, des Chromalauns, des Gregory'schen oxalsauren Chromoxydkalis. Auch in den Krystallen des letztern, die einen höchst glänzenden Trichroismus zeigen, der der Gegenstand einer andern Mittheilung seyn soll, kommt dieses dichromatische Seladongrün mit Blau und mit einem etwas gelblichen Grün zusammen vor.

Bei Kerzenlicht erscheint die Farbe 1 mehr röthlich, die Farbe 3 blaßroth, aber man ist überrascht zu finden, daß die Farbe 2 unverändert das schönste Grün auch im Kerzenlichte beibehalten hat, aber es wird von den helleren, lichtkräftigeren rothen Tönen gänzlich überwältigt.

Ungemein schön ist der Contrast der Farben in Zwillingkrystallen, wie diefs bereits Hr. v. Lenz anmerkt. Ein kleiner Zwilling, in dem Gesichtsfelde der dichroskopischen Lupe, giebt in den beiden Bildern Fig. 20, Taf. 1, in dem obern ordinären den Theil *a* gelb und den *b* grün, in dem unteren extraordinären den Theil *a'* grün, den Theil *b'* gelb.

Zur Ergänzung der Orientirung möge hier beigelegt werden, daß nach Sorets Zusammenstellung (*Recherches sur la position des axes de double réfraction dans les substances cristallines. Genève 1821*) die optischen Axen einen Winkel von $27^{\circ} 51'$ einschließen, daß die optische Mittellinie die Kanten des Prismas von $119^{\circ} 46'$ mit einander verbindet, oder in der kurzen Diagonale dieses Prismas liegt, das heißt der Axe der Fig. 18 parallel ist. Die Ebene der optischen Axen ist parallel der Fläche *T*.

Nennt man die Linie, welche die optischen Axen halbirte die *Mittellinie*, diejenige welche in der Ebene der beiden optischen Axen senkrecht auf der vorigen steht, die *Normale*, die dritte Elasticitätsaxe endlich, welche auf den beiden vorbegehenden oder auf der Axenebene selbst senkrecht steht die *optische Queraxe*, so besitzt die

Mittellinie den dunkelsten Farbenton.

Normale - mittleren -

Queraxe - hellsten -

Der Charakter der optischen Axe, das heist hier der Mittellinie, ist nach Biot und Brewster attractiv oder positiv. Die dunkelste Farbe, welche sie besitzt, stimmt gut mit Babinet's Bemerkung, dafs in der Mehrheit der Fälle bei positiven Krystallen der extraordinäre Strahl mehr absorbiert ist als der ordinäre.

Unter der neueren Literatur über den Chrysoberyll hatte ich auch Hrn. Descloizeaux *Nouvel examen des formes cristallines de la cymophane* (*Annales de Chimie etc.* 1845. III. S. XIII. p. 329) zu vergleichen. Diefs war mir um so interessanter, als ich an einem vortrefflichen kleinen Krystall, noch in Freiberg vor der Herausgabe des ersten Theiles von Mohs's Grundrifs 1822, die Winkel gemessen hatte, und nun begierig war, den Grad der Uebereinstimmung mit den neuen Daten zu sehen. Ich glaube, Herr Descloizeaux, der sich in neuerer Zeit mit so bedeutendem Erfolge den wichtigsten mineralogischen Studien geweiht hat, wird es mir indessen nicht übel deuten, wenn ich ein Wort für meine eigenen früheren Bestimmungen bei dieser Gelegenheit vorlege. Er giebt an, „man habe bisher nur die Paar Winkel (*les quelques nombres*) von Phillips und Mohs gehabt“. Allerdings sind in beiden nur wenige in der Wirklichkeit angegeben, aber mit dem Unterschiede, dafs, wie bekannt, die ersteren nicht miteinander und der Möglichkeit ihres gleichzeitigen Vorkommens verglichen sind, während die letzteren durch den Beisatz vollständig ausgearbeiteter Verhältnisse, und die genaue An-

gabe der drei senkrecht aufeinander stehenden Dimensionen nebst den erforderlichen höchst practischen Formeln alles enthalten, um sämtliche Winkel berechnen zu können.

Phillips hat die Neigungen

1. von \check{D} (m) gegen O ($b\frac{1}{2}$) = $133^{\circ} 19'$,
2. von $\infty \bar{D}$ (p) gegen O ($b\frac{1}{2}$) = $137^{\circ} 6'$.

Aus den Winkeln des Grundorthotyps in Mohs und zwar der scharfen Axenkante $86^{\circ} 16'$ folgen dieselben Winkel:

1. \check{D} gegen O = $133^{\circ} 8'$.
2. $\infty \bar{D}$ gegen O = $137^{\circ} 52'$.

Weil der Winkel von \check{D} gegen $\infty \bar{D}$ = 90° ist, so muß die Summe der beiden = 270° ausmachen, wie es bei den letztern wirklich der Fall ist. Aber Phillips zwey Winkel geben $270^{\circ} 25'$.

Unglücklicherweise stimmt nun Descloizeaux's einziger der Rechnung zum Grunde gelegter Winkel mit dem zweiten von Phillips überein; er ist $137^{\circ} 5'$. Anstatt eines anderen durch Messung erhaltenen Gegebenen wird das angenommene Verhältniß der Diagonalen des rhombischen Prismas = 62:25 substituirt. Beide Winkel von Phillips sind aber zu groß. Wird ihre Summe auf 270° gebracht, so reducirt sich der eine auf $133^{\circ} 6\frac{1}{2}'$, der andere auf $136^{\circ} 53\frac{1}{2}'$, welche von den meinigen nur um $1\frac{1}{2}'$ abweichen.

Die Daten, welche meiner Berechnung zum Grunde gelegt wurden, sind 80 Messungen an der Axenkante von O und zwar in der Fig. 21 Taf. 1 die Neigungen ab , ac , bd und cd , je zehn in gleicher Stellung und zehn in umgekehrter Stellung an der Axe des Goniometers. Die größte Abweichung bei einzelnen Messungen betrug in sämtlichen Winkeln und Stellungen $7'$, der Durchschnitt für die Axenkante war $86^{\circ} 15' 46''$.

Auf gleiche Weise wurden an demselben Krystall durch Messung des verticalen Prismas $\infty \check{O} 3$ ($c. e\frac{1}{2}$) mit dersel-

ben Lage und Anzahl der Winkel zwischen den äußersten Gränzverschiedenheiten von 14' die Seitenkanten des Prismas = $109^{\circ} 19' 26''$ und $70^{\circ} 40' 34''$ im Durchschnitte gefunden.

Mit $86^{\circ} 16'$ und $70^{\circ} 41'$ sind sodann möglichst nahe die Abmessungen der Grundgestalt, Axe, große und kleine Diagonale der Basis, $a : b : c = 1 : \sqrt{2,9731} : \sqrt{0,6567}$ berechnet.

Die Messungen, welche Hr. Descloizeaux in einer Tafel verzeichnet, tragen den Stempel von annähernden Messungen; sie sind in runden Summen von 10, 20, 30 Minuten abgegränzt, stimmen auch mit den berechneten Resultaten keineswegs vollständig; die Differenzen übersteigen in einzelnen Fällen noch die Größe von einem halben Grad. Man wird mir daher wohl gerne erlauben, nicht nur meine früheren Messungen und Berechnungen noch ferner selbst beizubehalten, sondern sie auch überhaupt den Mineralogen als zuverlässiger im Vergleich mit jenen neuern zu empfehlen.

Es muß zugegeben werden, daß die Winkel in Mohs Grundriss vielleicht zu kurz, auszugsweise gegeben wurden, ohne die in der That der mineralogischen Welt gebührende Nachweisung des Werthes der Daten beizufügen. Aber Mohs nahm gern die einzelnen genauern Bestimmungen nur zu dem Zwecke auf, um die Kenntniß selbst zu fördern, unbesehen der Person oder der historischen Nebenumstände, die doch so oft wichtige Anhaltspunkte zur Beurtheilung liefern. Sehr viele einzelne Arbeit ist in jenem „Grundrisse“ enthalten, die eigentlich damals in abgesonderten Mittheilungen ausführlicher hätte bekannt gemacht werden können. Wenn ich aber jetzt nach so vielen Jahren auf Einzelnes zurückkomme, so möge dieß in dem alten Spruche *Cicero pro domo* seine Erklärung finden, den ich hier als Entschuldigung benutze.

Gerne verweile ich auch auf der damaligen Durchführung einer genauen und richtigen Zeichnungsmethode, einer Abtheilung der krystallographischen Arbeiten, in der wir

Deutsche doch Treffliches geleistet haben; ich nenne hier C. Rose, Naumann, Zippe u. s. w., während die neuere französische Schule uns, wenn auch die Figuren sehr nett ausgeführt sind, größtentheils in ihrer Projectionsmethode nur Unrichtiges bietet; nicht gerade ein Fortschritt seit ein halbes Jahrhundert alter regelrechter Zeichnungen des großen Forschers Haüy.

V. *Beiträge zur Kenntniss von Mineralien des Harzes; von C. Zincken und C. Rammelsberg.*

I. Apophyllit.

Unter den bekannten Fossilien der Umgegend von Harzburg verdient neben dem *Prehnit*, dessen Beschreibung und Analyse wir schon früher gegeben haben ¹⁾, der *Apophyllit* besondere Aufmerksamkeit. In den Gängen des großen Steinbruches im Gabbro über Harzburg im Radauthal kommt er in einer Feldspathgrundmasse, welche Labrador zu seyn scheint, als letzte Ausfüllung auf *Prehnit* oder Quarz mit folgenden Eigenschaften vor:

Härte: 4,5. Farbe: schneeweiss; Perlmutterglanz; undurchsichtig bis durchscheinend. Spaltbarkeit: vollkommen in einer Richtung. Krystallinischkörnige Massen in einander gewachsen, keine ausgebildete Krystalle.

In dünnen Splintern schon in der Lichtflamme an den Kanten schmelzend, vor dem Löthrohr für sich leicht zu einem runzligen Email, in Phosphorsalz ein Kieselskelett hinterlassend. Ein so starkes Aufblättern, wie es die mei-

1) S. Bericht des naturw. Vereins des Harzes für 1844 — 45, S. 42, und 1845 — 46, S. 31. Der *Prehnit* findet sich am Harz, wie vielleicht nicht allgemein bekannt ist, zu Andreasberg, Treseburg, im Vormke, am Bremerteich unter dem Ramberge und im Radauthal.

sten Abänderungen zeigen, läßt sich bei dieser nicht bemerken ¹⁾).

Das specifische Gewicht ist = 1,961 (R.) Die chemische Analyse dieses Apophyllits lieferte folgendes Resultat, welches mit dem ganz übereinstimmt, welches der Eine von uns von dem schönen krystallisirten A. von Andreasberg schon früher erhalten hat ²⁾:

Kieselsäure	52,44
Kalkerde	24,61
Kali	4,75
Kalkfluosilicat	1,43
Wasser	16,73
	<hr/> 99,96.

II. Epichlorit.

Im Riefensbeek, welches bei dem Försterhause nahe über Neustadt ins Radauthal mündet, findet man in einem im Hornfels angelegten Steinbruche, neben Gängen von dichtem rothen Granat, von Kalkspath, von Feldspath mit Epidot etc., auch noch ein sehr zerklüftetes, wahrscheinlich auch gangartig vorkommendes dunkellauchgrünes serpentinartiges Gestein, mit Kupferkies, Kupfergrün und Kupferbraun, welches ganz mit Trümmern eines strahligen Fossils nach allen Richtungen durchsetzt ist, das, obgleich auf den ersten Blick an Asbest erinnernd, doch bei näherer Betrachtung sich als davon ganz verschieden erweist. Dieses Fossil zeigt folgende Eigenschaften:

Structur: Stänglige Absonderung, gerad- und krummstrahliges Gefüge. Sehr fettig anzufühlen. Theilt sich leicht (prismatisch) in stänglige Stücke bis zur Stärke ganz feiner Nadeln. Farbe: dunkellauchgrün. Ausgezeichneter Fettglanz; in dünnen Stängelchen bouteillengrün durchscheinend. Strich weifs ins Grünliche. Härte 2 bis 2,5 (zwischen Gypspath und Steinsalz). Spec. Gew. = 2,76. (R.)

1) Vgl. Zincken a. a. O. S. 42.

2) Ueber die Zusammensetzung, insbesondere den Fluorzehalt des A. und seine Formel, im II. Suppl. zu Rammelsberg's Handwörterb. des chem. Th. der Min. S. 16.

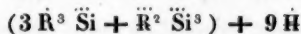
Vor dem Löthrohr schmilzt es für sich sehr schwer und nur in dünnen Stängeln; zeigt mit den Flüssen Kiesel- und Eisenreaction. Im Kolben giebt es Wasser.

Von Chlorwasserstoffsäure wird es nur sehr unvollkommen zersetzt.

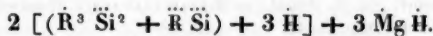
Die Analyse erfolgte durch Glühen des Mineralpulvers mit kohlensaurem Natron auf gewöhnliche Art. Da aber beide Oxyde des Eisens vorhanden sind, so mußte ein besonderer Versuch deren relative Menge bestimmen. Zu dem Ende wurde das Pulver mit Boraxglas in doppelt verschlossenen Platintiegeln über der Lampe zusammengeschmolzen, und das klare bouteillengrüne Glas mit Chlorwasserstoffsäure, Wasser und einer gewogenen Menge Kupferblech bei Luftausschluss gekocht. Der auf solche Art gefundene Gehalt an Eisenoxyd, abgezogen von der Gesamtmenge der Hauptanalyse, ergab die Quantität des Eisenoxyduls. Das Resultat dieser Versuche war:

			Sauerstoff.
Kieselsäure	40,88		21,24
Thonerde	10,96	4,59	7,20
Eisenoxyd	8,72	2,61	
Eisenoxydul	8,96	2,00	10,11
Talkerde	20,00	7,90	
Kalkerde	0,68	0,21	
Wasser	10,18		9,05
	<u>100,38.</u>		

Die Sauerstoffmengen von \ddot{R} , \ddot{R} , \ddot{Si} und \dot{H} erhalten sich hiernach wie 1,4 : 1 : 2,95 : 1,26, und da die angeführte Bestimmungsart des Eisenoxyds, obwohl die einzig zulässige, stets einen etwas zu hohen Gehalt liefert, so dürfen wir wohl 1,5 : 1 : 3 : 1,5 als das wahrscheinlich richtige Verhältniß annehmen. Die Formeln, welche man danach für das Fossil construiren kann, sind entweder



oder



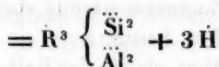
Die Mineralien, welche dem in Rede stehenden wegen ihrer physikalischen oder chemischen Eigenschaften am nächsten stehen, sind: Serpentin, Schillerspath und die damit verwandten, sowie Chlorit (Ripidolith), Pyrosklerit und Kämmererit. Von den ersteren trennt die chemische Untersuchung es vollständig durch seinen Gehalt an Basen \ddot{R} , d. h. Thonerde und Eisenoxyd, und unter den letzteren kommen hier eigentlich bloß Chlorit und Ripidolith in Betracht. Aber dafs beide von unserem Fossil doch wesentlich verschieden und diefs eine selbstständige Verbindung ist, ergibt sich aus ihrer procentischen Zusammensetzung und dem Sauerstoffverhältnifs ihrer Bestandtheile. Denn letzteres ist bei dem

$$\begin{array}{l} \ddot{R} : \ddot{R} : \ddot{Si} : \ddot{H} \\ \text{Fossil von Harzburg} = 1\frac{1}{2} : 1 : 3 : 1\frac{1}{2} \\ \text{Chlorit} \quad . \quad . \quad . = 1\frac{1}{2} : 1 : 2 : 1\frac{1}{2} \\ \text{Ripidolith} \quad . \quad . \quad . = 1 : 1 : 1\frac{1}{2} : 1. \end{array}$$

Es geht hieraus hervor, dafs unser Epichlorit, ein Chlorit mit $1\frac{1}{2}$ fachem Säuregehalt wäre. Nimmt man, wie wir es beim Chlorit vorgeschlagen haben, die Thonerde elektro-negativ, so wird, je nachdem man $3 \ddot{Al} = 2 \ddot{Si}$ oder $\ddot{Al} = \ddot{Si}$ setzt, das Sauerstoffverhältnifs von Basis, Säure und Wasser = 10:26:9 oder 10:28, 4:9; dürfte man diefs in 9:27:9 = 1:3:1 verwandeln, so wäre der Epichlorit



während Chlorit (Ripidolith)



ist.

Wir schlagen in Folge dessen für diese neue Gattung den Namen *Epichlorit* vor, um damit die nahe Beziehung auszudrücken, in welcher sie zu dem Chlorit steht.

Das Gestein, auf welchem der Epichlorit aufsitzt, ist ziemlich homogen, schwer zersprengbar, und hat, wie schon

bemerkt, entfernte Aehnlichkeit mit Serpentin. Von Säuren wird es theilweise zersetzt.

Die Analyse gab:

Kieselsäure	41,85
Thonerde	6,19
Eisenoxydul	18,94
Talkerde	16,50
Kalkerde	7,87
Kali	3,17
Wasser	5,90
	<hr/> 100,42.

Es ist also vom Epichlorit wesentlich verschieden, nähert sich aber, wenn man die Thonerde als Vertreter von Kieselsäure betrachtet, der Mischung des Serpentin und Schillerspaths. Chlorwasserstoffsäure zerlegt es in einen löslichen Theil, der ein thonerdehaltiger Serpentin ist, und einen unlöslichen von der Natur der Hornblende.

III. Heteromorphit.

Bekanntlich wurde das *Federerz* von der Antimongrube bei Wolfsberg und mehreren anderen Fundorten früher für eine haarförmige Varietät von Antimonglanz gehalten. Die chemische Untersuchung dieser Substanz durch H. Rose ¹⁾ zeigte indessen, dafs sie, gleich dem Zinckenit, Plagionit, Boulangerit, Jamesonit u. s. w. ein Schwefelantimonblei ist, worin sich die Schwefelmengen des Bleis und Antimons = 2 : 3 verhalten, so dafs also seine Formel $Pb^2 Sb$ ist.

An demselben Fundorte ist in neuerer Zeit ein Mineral von der nämlichen Zusammensetzung vorgekommen, welches folgende Eigenschaften besitzt:

Härte etwas gröfser als die des Kalkspaths (3,1). Spec. Gew. = 5,6788 (R.). Structur amorph.; Bruch feinkörnig ins Ebene; in sehr derben Stücken Neigung zu schiefrieger Absonderung. Farbe bleigrau, Strich stark metallisch glänzend; mit Spiegeln und gereiften Rutschflächen vorkommend.

Kry-

1) Pogg. Ann. Bd. 15, S. 471.

Krystalle von mehr oder weniger zersetztem Braunkalk, oder auch nur die Eindrücke derselben kommen darin vor.

Dieses chemische Verhalten auf trockenem und nassem Wege ist das aller ähnlichen Schwefelantimonblei-Verbindungen.

Die Analyse des Minerals, von Herrn Poselger ausgeführt, gab:

Schwefel	20,32
Antimon	32,98
Blei	48,48
	<hr/> 101,78.

Es ergibt sich hieraus die Identität mit dem Federerz, in das übrigens auch ein nachweisbarer Uebergang stattfindet. Sehr wahrscheinlich ist es durch Eintrocknen einer ursprünglich schlammigen Masse entstanden. Aber der Name Federerz, welcher sich bloß auf eine besondere Varietät bezieht, kann hiernach nicht mehr für die Gattung bleiben; wir haben sie daher *Heteromorphit* genannt, und bezeichnen das bisherige Federerz als *haarförmigen*, die neue Varietät aber als *dichten Heteromorphit*.

Dasselbe Mineral hat sich indessen noch an einer anderen Stelle gefunden. Im Jahre 1839 wurde mit dem Feldorte des Herzog-Alexius-Erbstollens, der im Selkethale unterhalb Mägdesprung mündet, ein Gang überfahren, dessen Hauptmasse aus Quarz bestand, und welcher im ersten Anbruche verschiedene Antimonerze, nachher aber auch Bleiglanz, Blende, Schwefelkies, Nickelglanz, Fahlerz, Kalkspath, Schwerspath, Braunspath und Spatheisenstein führte. Mit Antimonglanz und Federerz kam hier ein Mineral von folgender Beschaffenheit vor:

Härte = 3 (ritzt Kalkspath); wenig spröde; Textur: faserig, gerade und durcheinanderlaufend; spaltbar nicht bloß nach der Längsrichtung der Fasern, sondern auch ausgezeichnet (anscheinend) rechtwinklig darauf, einen blättrigen Querbruch zeigend, gleich dem Jamesonit. Farbe: lichtbleigrau; Strich und Pulver: dunkler; Metallglanz, die

Fasern seidenglänzend. Spec. Gew. = 5,478 — 5,49; bei einer anderen Probe 5,693 — 5,719 (als grobes Pulver R.).

Bei dem zuvor beschriebenen amorphen Heteromorphit war die Härte nur um ein Geringes größer.

Vor dem Löthrohr und auf nassem Wege verhält es sich wie alle ähnlichen Substanzen.

Die Analyse dieses durch seine Axotomie lebhaft an Jamesonit erinnernden Minerals wurde mittelst Chlorgas ausgeführt, und gab:

Schwefel	20,86			
Antimon	30,67	erfordern	11,46	Schwefel
Blei	42,79	-	6,64	} 9,43 -
Eisen	2,83	-	1,62	
Zink	1,84	-	0,91	
Kupfer	1,01	')	0,26	
	100.		20,89	-

Der Deutung des Resultats stellt sich indessen eine Schwierigkeit entgegen. Die Menge der 3 letzten Metalle ist nicht ganz unbedeutend, so daß sie auf das Schwefelverhältniß von Antimon und Blei von Einfluß ist, zugleich aber ist sie, den Analysen zufolge, nicht immer gleich, wie denn ein besonderer Versuch mit einer von Schwefelkies und Blende scheinbar ganz freien Probe nur 0,37 Eisen und 0,4 Zink ergab. Da nun Blende und Schwefelkies sichtlich eingesprengt vorkommen, so müssen jene Metalle in Abzug gebracht werden. Dann erhält man für die Zusammensetzung des Erzes:

Schwefel	19,77
Antimon	33,50 = 12,51 Schwefel
Blei	46,73 = 7,25 -
	100.

- 1) Die directe Bestimmung des Antimons gab 31,94 pC., weil in dem Sulfid der Schwefelüberschuß nicht besonders ermittelt wurde. Eine frühere nicht vollständige Analyse des Minerals hatte

21,35	Schwefel,
40,47	Blei,
2,68	Eisen,
5,82	Zink,
0,50	Kupfer,

geliefert.

Es ist mithin Pb^2 Sb , Heteromorphit, nur gemengt mit etwas Antimonglanz, der zugleich mit ihm vorkommt, und dessen Menge hier 6 pC. beträgt.

Vom *Boulangerit*, den wir ebenfalls zu Wolfsberg früher schon nachgewiesen haben, unterscheidet sich das Erz durch das Ansehen, sein geringeres spec. Gewicht und seine Zusammensetzung.

Der gleichzeitig einbrechende viel weichere *Antimonglanz* hat in einzelnen schwärzlichen Parthieen nicht das gewöhnliche charakteristische Ansehen. Eine Probe derselben zeigte ein spec. Gew. = 4,438, bestand aber nur aus Schwefelantimon, neben 0,7 pC. Blei.

IV. Gänseköthigerz.

Diese Substanz, welche zu Allemont, Joachimsthal, Schemnitz, besonders aber zu St. Andreasberg sich findet, ist oft verkannt worden. Sie ist am letzteren Orte schon seit langer Zeit auf der Grube Bergmannstrost, besonders aber an der oberen Firste von Katharina-Neufang vorgekommen. Allein offenbar hat man mit demselben Namen ganz verschiedene Dinge bezeichnet. So zu Schemnitz und Allemont einen silberhaltigen mit Thon gemengten gelben Erdkobalt; alte Vorkommen von Joachimsthal zeigen einen gestrickten Speiskobalt, mit demselben gelben Ueberzuge versehen, welcher in Andreasberg Gänseköthigerz heisst.

Dieses letztere, welches wir hier allein näher in Betracht ziehen, beschrieb Hausmann, so viel uns bekannt, zuerst 1), und nannte es *schlackiges Rauschgelb*. Es kommt nach ihm selten derb, gewöhnlich als dünner Ueberzug von geflossenem und getropftem Ansehen vor. Die Oberfläche glatt und fettglänzend, der Bruch kleinmuschlig. Durchscheinend. Farbe schwefelgelb, zeisiggrün, hyazinthroth, braun und pechschwarz. Spröde, halbhart ins Weiche. Vor dem Löthrohr zeigt es die Eigenschaften des Rauschgelbs. Kommt mit Arsenikblüthe, gediegen Arsenik, Rothgültigerz, Silberschwärze, Bleiglanz, in schlackenartigen Stücken vor.

1) Norddeutsche Beiträge, Heft 4, S. 84.

Lasius nennt ¹⁾ das G. von Bergmannstrost einen erdigen silberhaltigen Kobalt, aus schwarzem Kobalt und dessen rothem Beschlag, verkalktem Kupfernickel, Silber, Thon und Eisenerde bestehend. Der schwarze Antheil enthält oft Arsenik und Schwefel, wo es erdig, ohne Erzglanz ist. Bald hat der Arsenik, bald der grüne Nickelkalk das Uebergewicht. Der rothe Beschlag ist nur in geringer Menge vorhanden.

Nach einer wohl nicht sehr zuverlässigen Quelle von Schreiber ²⁾ soll das G. aus 11,87 Silber, 5,56 Quecksilber, 39,93 Eisen, 5 Kobalt, 25,41 Arsenik und 12,5 Wasser bestehen.

Die im nachfolgenden zu einigen qualitativen Proben benutzte Varietät von der Grube Neufang hat folgenden Charakter:

Härte: wird nicht von Gypsspath, wohl aber von Steinsalz geritzt (2,0). Geflossenes Ansehen; Fettglanz, zum Theil matt; nierförmig und kleintraubig, von schaliger Absonderung; Querbruch eben ins Unebene; als glänzender, theilweise opalisirender Ueberzug. Farbe schneeweiss, gelb, röthlich, hyazinthroth; die schwarzen Parthieen scheinen dem Fossil nicht anzugehören. Es bildet den Ueberzug metallischer Fossilien, von gediegnem Arsenik, Bleiglanz, Rothgültigerz, Arsenikkies, Antimonsilber, und ist augenscheinlich ein Product der Zersetzung dieser Substanzen. Zuweilen findet es sich kleintraubig, weislichmürbe und mehlig, mit Brauneisenstein überzogen, und ausgezeichnete Krystalle von Antimonsilber einschliessend, woraus man deutlich sieht, dafs dieß dasselbe Vorkommen ist, wie die unter dem Namen Doubletten bekannten in gediegen Arsenik eingeschlossenen Krystalle von Antimonsilber.

Zur chemischen Prüfung dienten reine ausgesuchte Bröckchen, welche ganz frei von metallischen Theilen waren.

Im Kolben erhitzt, giebt die Substanz Wasser und Spu-

1) Beobachtungen über die Harzgebirge, Th. 2, S. 322.

2) Wahrscheinlich die Substanz von Allemont betreffend, im *Journ. de Physique* 1784. Mai.

ren von arseniger Säure. Vor dem Löthrohr auf Kohle schmilzt sie unter starkem Arsenikgeruch. In Chlorwasserstoffsäure giebt sie zum grössten Theil eine intensiv gelbe Auflösung, welche Eisenoxyd, Arsensäure und Antimonoxyd oder Antimonsäure enthält.

Man darf wohl annehmen, dafs das Gänseköthigerz ein Gemenge verschiedener Oxydationsproducte von Arsenik, Antimon und Eisen enthaltenden Erzen, und dafs seine Hauptmasse mit dem sogenannten Eisensinter identisch ist, von dem einige Varietäten ihm auch im Aeußeren ganz nahe stehen. Jedenfalls möchte der Name Gänseköthigerz aus der Mineralogie zu verbannen seyn.

V. Scheelit.

Das Vorkommen des Scheelits am Harz beschränkt sich auf die Gruben bei Neudorf und die Albertine bei Harzgerode, wo derselbe am Ende der Erzmittel mit Wolfram, Schwefelkies und Bleiglanz in Spatheisenstein, Quarz und Kalkspath vorkommt. Hie und da trifft man ihn auch als offenbare Pseudomorphose nach Wolfram.

Er erscheint selten derb und in Wolfram und Bleiglanz eingesprengt; in der Regel krystallisirt in Formen, aus den Flächen des Hauptoctaëders und des ersten schärferen zusammengesetzt. Gelblich- und weifslich grau, durch reines Gelb bis ins ausgezeichnet Hyazinthrothe. Letzteres ist das häufigste, ersteres das seltenste Vorkommen.

Die Härte der frischesten hyazinthrothen Abänderungen ist = 5; er ritzt den Apatit, und wird von ihm geritzt, welche bemerkenswerthe grössere Härte gegen den übrigen Scheelit auffallend ist. Strich weifs. Der graue zeigt Diamant-, der hyazinthrothe Glasglanz.

Das spec. Gew. einer röthlich-gelben Abänderung fand sich = 6,03 und die Analyse gab:

Wolframsäure	78,64
Kalkerde	21,56
	<hr/> 100,20.

VI. Wolfram.

Am Harz kommt der Wolfram nur auf den Gängen östlich vom Ramberge, besonders auf dem Neudorf-Straßberger Grubenzuge in verschiedenen Formen vor. Zum Theil sehr derb (Straßberg, Meiseberg, Pfaffenberg) und massig, und dann sehr selten von ausgebildeten Krystallen begleitet, sondern nur krystallinisch; zum Theil in schmalen Trümmern von Blende und Flussspath (Meiseberg), als dünne, fast nadelförmige, zuweilen durch Krümmung der Seitenflächen spitzig zulaufende prismatische Krystalle von kaum 1 Linie Querschnitt, in Flussspath; sonst in Quarz und Spatheisenstein eingewachsen. Mit ihm bricht gleichzeitig schön krystallisirter Scheelit, welcher aus dem Wolfram hervorgegangen zu seyn scheint, und zum Theil in die Räume zwischen den krystallinischen Massen von jenem oder von Bleiglanz eingedrungen ist. Auch Pseudomorphosen von Wolfram nach Scheelit kommen vor. In den Gängen tritt er fast ausschließlich am Ende der Erzmittel mit Schwefelkies auf, weshalb er dem Bergmanne ein Zeichen ist, daß edle Anbrüche kommen, wenn deren noch keine da sind, sowie er andererseits als Erzräuber angesehen wird (woher der Name), wenn man in Anbrüchen baut. Die nadelförmigen Krystalle, zumal die in Flussspath vorkommenden, sind nie aufsitzend, sondern stets, gleichsam im Flussspath oder Spatheisenstein schwimmend, von der Unterlage abgedrückt (abgebrochen) und von der Stelle geschoben, ein Beweis des Drängens der Gangmasse im schon ziemlich rigiden Zustande, was auch bei anderen Einschlüssen, z. B. denen von Bleiglanz in Spatheisenstein, wahrgenommen werden kann, so daß eine Bewegung der schon verdickten Ausfüllungsmasse nicht zweifelhaft bleibt. Auf dem Pfaffenberge kam im J. 1821 in dem östlichen Gesenke der neunten Strecke Wolfram in Spatheisenstein vor; zum Theil waren die Krystalle ausgewittert, während die zurückgebliebenen Höhlungen mit einer grünen pulverigen

Substanz und Schwefelkies bekleidet sind ¹⁾). In der Nähe und ganz mit Wolfram verwachsen, kam ausgezeichnete hyazinthrother Scheelit vor, dessen Entstehung aus dem Wolfram kaum zu bezweifeln ist. Merkwürdig bleibt für die Entstehungsgeschichte der Gänge der Umstand, daß der Wolfram nur am Ende der Erzmittel, dem Streichen nach, nie aber am Hangenden und Liegenden der Trümmer vorkommt, ein Verhalten, dessen Erklärung in Rücksicht auf die genetischen Verhältnisse der Gänge an einem anderen Orte versucht werden soll.

Das spec. Gew. des harzer Wolframs fand sich = 7,143. Nach einer schon früher mitgetheilten Analyse ²⁾ besteht er aus: Wolframsäure 75,56; Eisenoxydul 20,17; Manganoxydul 3,54, und hat mithin die Zusammensetzung der Varietäten von Ehrenfriedersdorf, Nertschinsk, Monte-Video, Chanteloupe und Godolphins Ball in Cumberland, während Kerndt in einem Wolfram vom Meiseberge, der ein spec. Gew. = 7,23 besaß, 75,8 Wolframsäure, 9,78 Eisenoxydul, und 14,42 Manganoxydul gefunden zu haben angiebt ³⁾, was mit der Mischung des W. von Zinnwald, Altenberg, Schlackenwalde, Trumbull und Huntington in Connecticut, Neu-Beschert-Glück bei Freiberg, und Lockfell in Cumberland übereinstimmt.

VII. Fahlerz.

Zu den interessantesten Mineralien der Neudorfer Gruben gehört unstreitig das Fahlerz, theils wegen der Beziehungen desselben zur Ganggeschichte, theils wegen seiner Zusammensetzung und seiner Wichtigkeit für den technischen Haushalt. Seit den ältesten Zeiten ist es dem Bergmanne bekannt, und als Weifsgültigerz, sobald es silberhaltig ist, bezeichnet; so auch in den älteren Berichten

1) Dieser grüne Stoff giebt vor dem Löthrohr Reactionen auf Eisen, Wolframsäure und Kieselsäure.

2) Diese Ann. Bd. 68. S. 517.

3) J. f. prakt. Chem., Bd. 42. S. 106.

über den anhaltinischen Bergbau. Es ist zu verschiedenen Zeiten sehr reiches Fahlerz, noch neuerlich bis zu einem Gehalt von 32 Mark Silber im Centner vorgekommen, aber immer nur nesterweise, und ohne constanten Silbergehalt. Dieser letztere läßt sich nicht mit Sicherheit aus dem Aeufseren beurtheilen, obgleich das lichte mit Kupferkies vorkommende Erz das reichere zu seyn pflegt. Alle Gruben des anhaltischen Reviers führen Fahlerze, und zum Theil sehr reiche, am ausgezeichnetsten aber die Grube Meiseberg ¹⁾. Wie von allen übrigen Ausfüllungsmassen der Gänge, giebt es auch vom Fahlerz verschiedene Bildungsepochen, jedoch gehört es den neueren Gangbildungen an. Die merkwürdigsten Vorkommen sind folgende:

1. Grofse Krystalle bis zu 2" Durchmesser, mit Bleiglanz, Bournonit und Kupferkies verwachsen, und mit letzterem überzogen. Sie liegen lose in Drusenlöchern.
2. Krystalle aus Kupferkies in regelmässiger Anordnung herauskrystallisirt.
3. Krystallinische Massen als Bindemittel von Gangbruchstücken, in Drusenhöhlen gefunden. Zusammenhäufungen von Krystallen, mit Kupferkies überzogen.
4. Fahlerz, mit Blendekrystallen überzogen.
5. Dasselbe, angeflogen auf losen Bruchstücken von Gangmasse, in Drusen gefunden, welche mit sehr kleinen Bleiglanzwürfeln bekleidet sind.
6. Isolirte Gruppen ringsum ausgebildeter Krystalle in Kalkspath und Spatheisenstein.
7. Derb in schmalen Trümmern, *a*, eine porphyrtartige Grundmasse, begleitet von Kupferkies und Spatheisenstein durchsetzend; *b*, derben Kupferkies durchsetzend, also als jüngste Erzbildung sich hier erweisend; *c*, in derben Trümmern mit Kupferkies gemengt, das Innere von Schwefelkiestrümmern bildend, und dann in der Regel sehr silberreich.

Die Beziehung des Fahlerzes zum Kupferkies ist äufserst

1) Sogar auf der Antimongrube bei Wölfsberg ist es, obwohl als grofse Seltenheit, vorgekommen.

merkwürdig, und mehrere hierher gehörige Erscheinungen, zumal der so häufige Ueberzug von Kupferkies, den man auf dem Fahlerz findet, haben schon oft die Aufmerksamkeit der Mineralogen erregt. Noch jüngst hat Herr Dr. O. Volger in einem vortrefflichen Aufsätze ¹⁾ über die Pseudomorphosen des Fahlerzes darzuthun gesucht, daß der überziehende Kupferkies eine Pseudomorphose des Fahlerzes sey. So höchst schätzenswerth diese Arbeit, und so reich sie an interessanten Beobachtungen ist, so können wir doch dieser Ansicht nicht beistimmen. Denn das reiche Material, welches uns vorliegt, giebt folgende Thatsachen an die Hand:

1. Es giebt Fahlerze, welche nicht allein eine Haut von Kupferkies auf den Krystallflächen zeigen, sondern welche auch, zerschlagen, auf den Bruchflächen nach einer Richtung das gelbe Ansehen des Kupferkieses haben, während sie, wenn man das Stück etwa um einige vierzig Grad dreht, ganz grauen Bruch darbieten, ähnlich den gereiften Flächen, auf denen man verschiedene Bilder sieht, je nachdem man sie in verschiedenen Richtungen betrachtet. Hieraus folgt, daß auch im Innern der Fahlerzmasse eine regelmäßige Zusammenordnung von Fahlerz- und Kupferkiestheilchen stattfindet.

2. In Zincken's Sammlung befindet sich ein regelmäßiges Tetraëder von Fahlerz und Kupferkies, welche so mit einander durchwachsen sind, daß der Kupferkies die Basis des Krystalls bildet, dann eine Fahlerzmasse folgt, und die Spitze ganz mit zarten Gängen von Kupferkies durchsetzt ist, so daß der Krystall auf den ersten Blick Kupferkies zu seyn scheint.

3. Es sind Gangstücke vorhanden, wo Parthieen von Kupferkies in Sphärengestein von Quarz und Spatheisenstein eingeschlossen, und, weil lose Bruchstücke, auf der alten Bruchfläche ganz krystallinisch geworden sind. Auf der Bruchfläche des Kupferkieses allein liegt eine Menge von Fahlerzkrystallen, nie auf dem Quarz oder Spatheisen-

1) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 25.

stein, woraus erhellt, daß das Fahlerz aus dem Kupferkies, nicht aber von einer äußeren Ursache gekommen ist.

4. Große Krystalle von Kupferkies enthalten Fahlerzkrystalle, welche aus denselben so zu sagen herausgeblüht sind. Sie befolgen eine gewisse Regelmäßigkeit in der Anordnung, so daß eine Tetraëderfläche der anderen parallel liegt, und stecken oft so tief im Kupferkies, daß sie kaum mit einer Spitze daraus hervorragen. Es ist unverkennbar, daß beide Substanzen gleichzeitig aus einer Masse angeschossen seyn müssen. Sollte daher nicht auch eine gleiche Entstehung bei dem mit Kupferkies überzogenen Fahlerz stattgefunden, und die überschüssige Kupferkiesmasse sich bei dem Krystallisiren von der Fahlerzmasse getrennt haben? Die vorwaltende Masse bildet den Krystall, die mindere den Ueberzug oder die ausgeblühten Krystalle. An einem anderen Orte werden wir auf diesen Gegenstand zurückkommen.

Die Krystallform dieser Fahlerze ist das Tetraëder, das Triakistetraëder, für sich oder in Combination mit jenem, und als Seltenheit das Tetraëder mit dem Granatoëder. Die Flächen sind sehr selten vollkommen spiegelnd, in der Regel uneben, und zeigen eine Menge kleiner Individuen, welche den Krystall zusammensetzen.

Die Härte zwischen Kalk- und Flussspath. Die Farbe eisenschwarz bis lichtbleigrau. Der Bruch muschlig ins Unebene.

Das spec. Gewicht fand sich bei dem	
krystallisirten vom Meiseberge (Anal. 1.)	= 4,852,
derben vom Tannhöfer Gesenk, Birnbaumer Zuges,	
(Anal. 2.)	= 4,892
	4,902
	4,916
derben, ebendaher, (Anal. 3.)	= 4,526.

Die beiden letzten Abänderungen sind im Juni 1847 vorgekommen. Der Silbergehalt ist nach der trocknen Probe in No. 2 zu 12 Mk. 8 Lth., in No. 3 zu 14 Mk. 7 Lth. im Centner angegeben.

	I.	II.	III.
Schwefel	24,80	24,22	24,69
Antimon	26,56	26,44	25,74
Kupfer	30,47	31,53	32,46
Silber	10,48	7,27	7,55
Zink	3,39	3,25	3,00
Eisen	3,52	4,36	4,19
Blei	0,78	97,07	97,63

100.

Ihre Zusammensetzung ist mithin im Ganzen dieselbe. Berechnet man zu den Metallen die Schwefelmengen, so erfordern an Schwefel

	in I.	II.	III.
Antimon	9,94	9,89	9,64
Kupfer	7,75	8,02	8,25
Silber	1,56	1,08	1,13
Zink	1,68	1,61	1,48
Eisen	2,02	2,51	2,40
Blei	0,12	23,11	22,90
	23,07.		

Da die Zahlen 9,94 : 13,01

9,89 : 13,22

9,64 : 13,26

sehr nahe = 3 : 4 sind, so bestätigt sich an diesen Fahl-
erzen die allgemeine Formel $R^+ Sb$ worin $R = Cu, Ag,$
 Zn, Fe ist.

Die Schwefelmengen in Zn und Fe einerseits, und die
in Cu und Ag andererseits verhalten sich in

1 = 1 : 2,52

2 = 1 : 2,20

3 = 1 : 2,42

also niemals = 1 : 2.

VIII. Bournonit.

Von allen Fundorten dieses Minerals dürfte der Harz
wohl die schönsten Exemplare, was Schönheit und Gröfse
der Krystalle betrifft, geliefert haben; vorzugsweise und

fast ausschließlich gilt dieß aber von den anhaltischen Gruben bei Harzgerode, Neudorf und Wolfsberg. Alle diese Gruben, so weit sie bekannt sind, führen Bournonit, jedoch in Varietäten, deren äußere Charaktere sehr bemerkenswerthe Verschiedenheiten zeigen.

Ohne hier auf eine monographische Behandlung der Combinationen reichen Krystalle näher einzugehen, die wir einer späteren Bearbeitung vorbehalten, wollen wir nur folgende Unterschiede hervorheben:

a. Dicke Tafeln, die Endflächen bedeutend vorwaltend, die gegen die Hauptaxe geneigten Flächen dagegen sehr zurücktretend.

b. Krystalle, mit Endflächen, die Säulenflächen untergeordnet, die geneigten in höherem Grade entwickelt.

c. Prismatische Formen, in der Richtung der Hauptaxe ausgedehnt; die Flächen der horizontalen Zone und die Endfläche in der Regel den Krystall allein bildend.

Aber es sind auch Verschiedenheiten in Farbe, Glanz und Bruch damit verbunden.

a.	b.	c.
Farbe: licht-bleigrau	eisenschwarz,	
Glanz: halbmattlich;	Metallglanz;	
die Krystallflächen	die Flächen glän-	
stets rauh.	zend und spiegelnd.	
Bruch: uneben ins	muschlig nach	Längenbruch faserig,
Blättrige.	jeder Richtung.	Querbruch muschlig.

Die Härte aller drei Varietäten ist gleich, nämlich die des Kalkspaths.

Ueber das spec. Gew. liegen folgende Angaben vor; die mit *B* bezeichneten rühren von Hrn. Dr. C. Brommeis her:

a. Bleigrauer <i>B.</i> vom Meiseberg =	5,703 Z.
	5,7925 <i>B.</i>
	5,7262 <i>B.</i>
	5,779 <i>R.</i>
b. Schwarzer <i>B.</i> von Neudorf =	5,844 Z.
	5,822 <i>B.</i>
	5,847 <i>B.</i>
	5,863 <i>R.</i>

wurden. Theilweise aber sind die Trümmer selbstständig, haben an einer Seite (ob Hangendes oder Liegendes ist nicht anzugeben) ein dünnes Quarztrumm, dann aber etwa zollmächtig die erwähnte grauwackenartige Masse mit Schwefelkies, dann das erzhaltige Trumm, welches die Nickelerze, wenig Kalkspath, Blende, Schwefelkies, Spatheisenstein und Quarz ohne regelmässige Reihenfolge durcheinander gewachsen enthält. Sodann folgt ein quarziges Schwefelkiestrumm, und ein anderes quarziges Saalband scheint die Quarzbildung zu beschließen. Diese Trümmchen dürften flachgedrückte Nester seyn, und keine weite Erstreckung haben. Wenn man die ründlichen aus dem Gange geförderten Wände auf der Halde beachtet, ähnlich wie Kiesnieren im Thonschiefer, so hat man Hoffnung, die Erze zu finden, welche sich in der Grube nicht entdecken lassen. Das ganze Erztrumm ist jünger als das schwefelkiesführende grauwackenartige, wovon es außer Obigem noch Bruchstücke einschließt. Beide Trümmer sind miteinander verwachsen.

Der Schwefelkies ist speisfgelb, läuft an den Absonderungsflächen leicht bunt an, hat fast die Härte des Feldspaths, giebt beim Erhitzen in der Glasröhre Schwefel und schweflige Säure, schmilzt vor dem Löthrohr auf Kohle geröstet zu einer schwarzen Schlacke, reagirt mit Phosphorsalz stark auf Nickel und Eisen, während nach Ausfällung des ersteren durch Zinn eine nicht sehr starke Kupferreaction hervortritt.

Neben diesen Mineralien lassen sich zwei Nickelerze unterscheiden, welche wir einstweilen als *Bournonit-Nickelglanz* und *Nickelbournonit* bezeichnen wollen.

A. Bournonit-Nickelglanz.

Krystallform: reguläres System, Würfel; dreifache rechtwinklige Spaltbarkeit; Härte zwischen Flußspath und Apatit (4,5), mithin etwas weicher als Antimon-Nickelglanz. Leicht zersprengbar; Strich schwarz; Glanz metallisch; Farbe

grau, lichter als Bleiglanz auf den Spaltungsflächen, fast eisenschwarz in der Richtung von 45° gegen dieselben.

Spec. Gew. = 5,635 — 5,706 (R.).

Löthrohrverhalten: In einer offenen Röhre geröstet, schmilzt das Mineral, wird dann theilweise wieder fest, giebt schweflige Säure und ein weißes Sublimat. Auf Kohle verhält es sich ebenso, giebt einen starken weißen Beschlag, und auf Zusatz von Soda Arsenikgeruch. Mit Borax geschmolzen, ein röthliges Korn und eine smalteblaue Schlacke.

Salpetersäure oder Königswasser greifen es heftig an; es entsteht eine intensiv grüne Auflösung, und es bleibt ein weißer Rückstand.

Die Analyse wurde mittelst Chlorgas ausgeführt, und dazu möglichst reines Material, würflich spaltbare Bruchstückchen, ausgesucht.

Schwefel	16,86
Antimon	19,53
Arsenik	28,00
Nickel	27,04
Kobalt	1,60
Blei	5,13
Kupfer	1,33
Eisen	0,51

100.

Eine andere Probe mit ebenso ausgesuchtem Material hatte 3,89 Blei und 1,06 Kupfer gegeben.

Zwei frühere Analysen hingegen, zu denen nicht so reine großblättrige Parthieen des Erzes benutzt werden konnten, und von denen *a* mittelst Königswasser, *b* mittelst Chlor angestellt worden, hatten gegeben:

	a.	b.
Schwefel	18,43	16,45
Antimon	13,75	
Arsenik	20,51	
Nickel }	20,29	16,20
Kobalt }		
Blei	17,83	26,13
Kupfer	4,40	4,55
Eisen	1,18	2,35

Ehe wir eine Deutung dieser Resultate versuchen, wollen wir zu dem zweiten Mineral übergehen.

B. Nickelbournonit.

Derb, nie krystallisirt. Bruch uneben ins feinkörnige. Farbe: dunkelbleigrau ins eisenschwarze. Wenig glänzend. Härte: zwischen Kalk- und Flussspath (3,5).

Das specifische Gewicht ergab sich bei drei Versuchen = 5,524 — 5,560 — 5,592.

Löthrohrverhalten: Verhält sich im Allgemeinen wie A, giebt aber auf Kohle einen innerhalb gelblichen Beschlag; mit Soda für sich keinen deutlichen Arsenikgeruch gebend, wohl aber, wenn das Sublimat in der offenen Röhre mit Kohle und oxalsaurem Kalk reducirt wird.

Die Analyse, zu der gleichfalls möglichst reines Material verwendet wurde, und welche auch hier durch Chlorgas geschah, gab:

Schwefel	19,87
Antimon	24,28
Arsenik	3,22
Blei	35,52
Kupfer	9,06
Nickel und etwas Kobalt	5,47
Eisen	0,84
	<u>98,26.</u>

Zwei andere, bei denen die Reinheit der Proben weniger zu verbürgen ist, hatten geliefert:

	a.	b.
Schwefel	20,39	20,94
Antimon	21,88	
Arsenik	6,58	
Blei	32,75	27,55
Kupfer	7,68	7,46
Nickel u. Kobalt	8,73	11,06
Eisen	1,99	2,39
	<u>100.</u>	

Was

Was nun die Deutung dieser Resultate betrifft, so zeigt sich zuvörderst, daß beide Mineralien nicht bloß aus Schwefelmetallen bestehen können, weil die Schwefelmengen dazu bei weitem nicht hinreichen.

Betrachten wir zuvörderst die Analyse unseres Minerals A, und berechnen wir, von dem Bleigehalt ausgehend, die zur Bildung von Bournonit, $\text{Cu}^3 \text{Sb} + 2 \text{Pb}^3 \text{Sb}$ nöthigen Mengen von Schwefel, Antimon und Kupfer (Eisen), so zerfällt das Mineral in:

Bournonit.		Rest.	
Schwefel	2,39	Schwefel	14,47
Antimon	3,19	Antimon	16,34
Blei	5,13	Arsenik	28,00
Kupfer	1,33	Nickel	27,04
		Kobalt	1,60
Eisen	0,10	Eisen	0,41
	<u>12,14</u>		<u>87,86</u>

Oder dieser Rest besteht in 100 Th. aus:

Schwefel	16,47
Antimon	18,60
Arsenik	31,87
Nickel	30,77
Kobalt	1,82
Eisen	0,47
	<u>100.</u>

In diesem Rest verhalten sich die Aequivalente von Antimon (Arsenik), Schwefel und Nickel (Kobalt, Eisen) = 4,54 : 8,19 : 8,96, d. h. = 1 : 1,8 : 1,97, was dem Verhältniß von 1 : 2 : 2 so nahe kommt, daß wir diesen Rest unzweifelhaft als einen Nickelglanz erkennen müssen, der dadurch sich auszeichnet, daß er eigentlich aus 1 At. Antimon- und 3 At. Arseniknickelglanz besteht, insofern sich die Aeq. von Sb und As = 1,15 : 3,39, mithin fast genau = 1 : 3 verhalten. Die allgemeine Formel würde $\text{Ni S}^2 + \text{Ni (Sb, As)}$, die specielle $(\text{Ni S}^2 + \text{Ni Sb}) + 3 (\text{Ni S}^2 + \text{Ni As})$ seyn.

Es entsteht nun die Frage: Soll man das Mineral A für Poggendorff's Annal. Bd. LXXVII.

eine chemische Verbindung von Bournonit und Nickelglanz oder für ein bloßes Gemenge halten? Für die letztere Ansicht spricht zunächst der Umstand, daß die Analysen der minder reinen Proben, welche unstreitig Partikel des Minerals *B* enthielten, indem beide durcheinanderliegen, so abweichende Resultate gegeben haben, worin der Bleigehalt außerordentlich zunimmt, der Nickelgehalt aber in demselben Grade sich vermindert. Sollte es nicht denkbar seyn, daß selbst den anscheinend reinen grobblättrigen und würflig spaltbaren Parthieen in der Menge, in welcher sie zu dem Versuche benutzt wurden, doch noch Bournonit (12 Proc.) anhing, wenn man sich vorstellt daß bei gleichzeitigem Krystallisiren beider Substanzen Bournonitmasse zwischen den Lamellen der Nickelglanzkrystalle eingeschlossen blieb, gleich der Mutterlauge in Krystallen überhaupt? Wenn man es auch nicht unwahrscheinlich findet, daß ein Schwefelsalz, wieder Bournonit, also eine Verbindung zweiter Ordnung, sich mit Nickelglanz, einer Verbindung erster Ordnung (da Schwefel, Arsenik und Antimon als Vertreter gedacht werden müssen) vereinigen könne, da solche Fälle existiren, so zeigt doch die Analyse, daß bei dem Verhältniß des Schwefelgehalts beider Körper von 1:6 die Verbindung aus 1 At. Bournonit und $13\frac{1}{2}$ oder 54 At. Nickelglanz bestehen würde, je nachdem man für letzteren die allgemeine oder specielle Formel setzt, was in jedem Fall nicht anzunehmen ist.

Andererseits ist der mineralogische Charakter unseres Minerals von der Art, daß man die oben geäußerte Vermuthung einer Einmischung von etwas Fremdartigen eben nur für eine Hypothese ausgeben darf, der die mineralogische Untersuchung nicht günstig ist. Wie leicht einzusehen, würde jeder Zweifel schwinden, wenn es gelänge, nur deutliche Krystalle zu analysiren, was indessen bei ihrer großen Seltenheit und geringen Größe nicht thunlich ist.

Das Mineral *B*, welches wir vorläufig *Nickelbournonit* genannt haben, bietet durch seine körnige Textur allerdings geringere Garantien für seine Eigenthümlichkeit dar. Gehen

wir auch hier in der Hauptanalyse von dem Bleigehalt aus, und nehmen den 1,74 Proc. betragenden Verlust als Arsenik, so haben wir:

Bournonit.		Rest.		oder:	
Schwefel	16,55	Schwefel	3,32	20,79	
Antimon	22,11	Antimon	2,17	13,60	
Blei	35,52	Arsenik	4,96	31,05	
Kupfer	9,06	Nickel	5,47	34,25	
Eisen	0,79	Eisen	0,05	0,31	
	<u>84,03</u>		<u>15,97</u>	<u>100.</u>	

Die Zusammensetzung dieses Restes weicht nur im Schwefel- und Antimongehalt von dem in *A* berechneten ab, was jedoch, wenn man die unvermeidlichen Fehler so complicirter Analysen berücksichtigt, nicht sehr auffallen dürfte. Deshalb verhalten sich auch die Aequivalente von Antimon (Arsenik), Schwefel und Nickel = $4,14 : 10,34 : 9,37 = 1 : 2,5 : 2,26$, und die von Antimon und Arsenik = $0,84 : 3,3 = 1 : 4$.

Wir können also auch hier entweder ein Gemenge oder eine Verbindung von Bournonit und Nickelglanz sehen, wobei dieselben Gründe wie bei *A* für die eine oder andere Annahme sprechen. Als chemische Verbindung gedacht, würde das Mineral, da die Schwefelmengen des Bournonits und Nickelglanzes sich wie 5 : 1 verhalten, aus 5 At. von jenem und 18 At. von diesem bestehen.

Wenn nun auch die Thatsachen uns nicht erlauben, in der Deutung der Resultate der mineralogischen und chemischen Untersuchung dieser Substanzen einen Schritt weiter zu gehen, so sey es uns doch gestattet, den Gegenstand von einem anderen Gesichtspunkte aus zu betrachten, und die eigenthümlichen Ergebnisse darzulegen, welche vielleicht Beachtung verdienen.

Wählen wir zuerst das körnige Mineral *B*, welches wir vorläufig als *Nickel-Bournonit* bezeichneten, so stehen in

unserer Analyse die Bestandtheile in folgendem atomistischen (Aequivalent-) Verhältnisse:

$S = 9,9$ $Sb = 1,6$ $As = 0,36$ $Pb = 2,74$ $Cu = 2,3$ Ni
 $(Co) = 1,5$ $Fe = 0,24$.

Die Summe der Aeq. der elektropositiven Metalle, von Blei, Kupfer, Nickel, Eisen ist folglich $= 6,78$; die der elektronegativen Stoffe, des Schwefels, Antimons und Arsens $= 11,86$; das Verhältniß beider zu einander ist mithin $= 1 : 1\frac{3}{4}$.

Es darf wohl angenommen werden, daß Antimon und Arsenik, die isomorph unter sich sind, unter Umständen es auch mit dem Schwefel sind. Isomorphie ist aber eine Folge von Gleichheit oder Proportionalität der Atomvolumen der Körper. Nun ist das Atomvolumen des Schwefels etwa $= 100$, das des Arsens $= 165$, das des Antimons $= 236$, das Verhältniß mithin $= 1\frac{1}{3} : 2 : 3 = 4 : 6 : 9$, woraus folgt, daß 3 At. Schwefel die Stelle von 2 At. Arsenik ¹⁾, 9 At. Schwefel die von 4 At. Antimon, 3 At. Arsenik, die von 2 At. Antimon vertreten können.

Verwandeln wir nun in der Analyse die Aeq. von den beiden elektronegativen Metallen in die von Schwefel, so haben wir

1,6 Aeq. Antimon $= 3,6$ Aeq. Schwefel

0,36 - Arsenik $= 0,54$ - -

Dazu 9,9 - - -

zusammen 14,04 - - -

Es verhalten sich demnach die Aequivalente der elektropositiven Metalle und des Schwefels $= 6,78 : 14,04 = 1 : 2,07$, d. h. fast genau wie $1 : 2$, so daß das Mineral ganz einfach als RS^2 betrachtet werden kann, worin ein Theil Schwefel durch Antimon und Arsenik ersetzt ist.

Nehmen wir nun den Bournonit, dessen Formel uns zeigt, daß er aus 6 At. Kupfer, 6 At. Blei, 3 At. Antimon und 18 At. Schwefel besteht. Die Summe der Aeq. der elektropositiven Metalle ist also 12, die des Schwefels und Antimons $= 21$, das Verhältniß beider mithin $= 1 : 1\frac{3}{4}$,

1) Atom hier wie immer gleich Aequivalent.

d. h. genau ebenso, wie bei unserem Mineral, und wenn die 3 Aeq. Antimon in die stellvertretenden $6\frac{3}{4}$ Aeq. Schwefel verwandelt werden, so ist das Verhältniß $= 12:24\frac{3}{4} = 1:2,06$, d. h. genau wie bei unserem Mineral, so daß auch der Bournonit als ein Schwefelmetall RS^2 gedacht werden kann, dessen Schwefel theilweise durch Antimon vertreten wird.

Das Atomvolum des Bournonits erhalten wir, wenn wir das Atg. $= 18601$ durch sein spec. Gewicht dividiren. Diefs letztere variirt im Ganzen (nach den im Vorigen mitgetheilten Bestimmungen) von 5,7 bis 5,85, so daß also auch der Werth des Atomvolums, wie überhaupt, kein absoluter ist, sondern folgende Größen darstellt:

Spec. Gewicht.	Atomvolum.
5,70	3263
5,75	3235
5,80	3207
5,85	3180
Mittel 5,775	3221

Unser Mineral nun, wenn man die Aeq. seiner Bestandtheile auf 12 At. der elektropositiven und 21 At. der elektronegativen Bestandtheile berechnet, wie sie in 1 At. Bournonit enthalten sind, giebt folgendes Resultat:

	Aeq.
Blei	4,85 = 6278,325
Kupfer	4,07 = 1610,501
Nickel	3,08 = 1138,583
	12.
Antimon	2,83 = 4564,507
Arsenik	0,64 = 601,512
Schwefel	17,53 = 3519,147
	21. 17712,574.

Das spec. Gew. ist im Mittel $= 5,558$, das Atomvolum folglich $= 3187$.

Die Atomvolumen unseres Nickelglanzes und des Bournonits sind folglich gleich (genauer verhalten sie sich wie $1:1,01$).

Was nun das Mineral A, unseren Bournonit-Nickelglanz, betrifft, so sind die relativen Aequivalente nach der Analyse folgende:

Schwefel	8,39	
Antimon	1,21	} 4,21
Arsenik	3,00	
Nickel	7,76	} 8,47.
Kobalt		
Blei	0,39	
Kupfer	0,17	
Eisen	0,15	

Die Zahlen 8,39 : 4,21 : 8,47 sind aber = 1,99 : 1 : 2,01, d. h. = 2 : 1 : 2, wie in jedem Nickelglanz, so dafs man das Mineral als einen solchen betrachten könnte, worin die elektropositiven Metalle Ni, Co, Pb, Cu, Fe wären, wobei Antimon und Arsenik in dem Verhältnifs von 2 : 5 vorhanden sind.

Wollen wir auch hier die Atomvolumen dieses Erzes und des Bournonits vergleichen, und berechnen wir nach Anleitung der relativen Aequivalentmengen das Atomgewicht von jenem, so finden wir dasselbe = 15789,4. Sein spec. Gew. hatte sich im Mittel = 5,67 ergeben, wonach sein Atomvolumen = 2784 seyn würde. Da nun das des Bournonits = 3226 ist, so stehen beide in dem Verhältnifs von 1 : 1,16, sind sich mithin einander ziemlich gleich, gerade wie dies bei unserem Nickelbournonit der Fall war.

Mag man nun über die Natur dieser beiden Erze eine Ansicht haben, welche man wolle, so bleibt es doch in jedem Fall sehr bemerkenswerth, dafs bei ihnen zwischen der Summe der Aeq. der elektropositiven und negativen Bestandtheile genau dasselbe Verhältnifs obwaltet, wie beim Bournonit, nämlich das von 1 : $1\frac{3}{4}$, und dafs die Atomvolumen dieser drei Substanzen so nahe gleich grofs sind.

X. Arseniksilber.

Auf den Gruben Samson, Neufang und Abendröthe zu St. Andreasberg bricht das Arseniksilber, welches Werner

zuerst nach dem Vorkommen von Casaglia bei Guadalcanal in Spanien bestimmt hat. Die meisten Mineralogen haben indessen seine Selbstständigkeit in Zweifel gezogen, und noch neuerlich hat Hausmann das Andreasberger Fossil für ein Gemenge von Antimonsilber, gediegen Arsenik und Arsenikalkies (Arsenikeisen) erklärt ¹⁾.

Die von Werner entworfene Charakteristik entspricht fast durchgängig dem Arseniksilber von der Grube Samson, welches sich folgendermaßen verhält:

Farbe zinnweiß; läuft leicht an; derb und klein nierenförmig, auch dendritisch in Kalkspath eingewachsen, in kleinen cylindrischen Aesten, welche ziemlich glatt sind, unter der Lupe aber mit Krystallanfängen bedeckt erscheinen, und sich lange weiß erhalten. Auch im Kalkspath kommen nierenförmige Parthieen vor, welche ganz mit unbestimmbaren tafelartigen Krystallen bekleidet sind. Bruch uneben, von feinem Korn, ins Blättrige. Schalig abgesondert. Strich schwarz (nach Werner bleibt der Glanz durch den Strich unverändert). Härte 3,5. Das specifische Gew. fand sich = 7,473.

Löthrohrverhalten: In einer offenen Röhre giebt das Mineral ein weißes und ein schwarzes Sublimat und starken Arsenikgeruch. Auf Kohle verhält es sich ebenso, raucht stark, schmilzt aber nicht. Mit Soda behandelt, giebt es Metallkörner von silberweißer Farbe.

Von Salpetersäure wird es lebhaft angegriffen; nach dem Erhitzen bleibt ein gelbliches, in Chlorwasserstoffsäure vollständig auflösliches Pulver zurück, dessen Auflösung durch Wasser gefällt wird, und Antimon und Arsenik enthält. Aus der salpetersauren Auflösung setzen sich beim Stehen Krystalle von arseniger Säure ab; sie enthält Arsenik, Antimon, Silber und viel Eisen.

Unter dem Namen Arseniksilber sind von Klaproth ²⁾

1) Hausmann Handb. der Mineralogie, 2. Ausgabe, II, Th. Seite 59, Göttingen 1847.

2) Beiträge z. chem. Kenntn. d. Min. Bd. I, S. 183.

und Du Menil¹⁾ Substanzen mit folgenden Resultaten analysirt worden:

	Klaproth.	Du Menil.
Arsenik	35,00	38,29
Antimon	4,00	—
Silber	12,75	6,56
Eisen	44,25	38,25
	<u>96,00</u>	<u>16,87</u>
		99,97.

Wenn man nun auch, was doch sicherlich nicht der Fall ist, die von diesen Chemikern angewandten Trennungsmethoden für genau halten wollte, so bleibt es doch sehr zu bezweifeln, daß dieselben das wahre Arseniksilver in reinem Zustande vor sich hatten.

Die von uns zur Analyse benutzten Proben waren durch verdünnte Säure von anhängendem Kalkspath befreit, und sodann mittelst der Lupe von allem Fremdartigen gesondert worden. Zu jeder Analyse wurde eine neue Probe angewandt.

	a.	b.	c.
Schwefel	0,85		1,10
Arsenik	49,10		
Antimon	15,46		15,43
Silber	8,88	8,81	8,24
Eisen	24,60	21,33	
	<u>98,89.</u>		

Eine quantitative Löthrohrprobe gab 9 Proc. Silber.

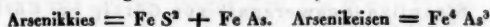
Die physikalischen Eigenschaften des Erzes berechtigen durchaus nicht, dasselbe für ein Gemenge zu halten. Mit der Lupe erkennt man nirgends etwas Heterogenes, und die Analysen verschiedener Parthieen (von grobem Pulver, wie von größeren Bruchstücken) zeigen einen so constanten Gehalt, insbesondere an Silber, daß wir uns nicht der Meinung derer anschließen können, welche das Arseniksilver für ein Gemenge halten. Freilich ist die Mischung eigenthümlicher Art.

1) Schweigg. Journ. Bd. 34, S. 357.

Verwandelt man in der Analyse *a* die Aeq. des Schwefels und Antimons in die von Arsenik ($3S = 2As$; $2Sb = 3As$) so verhält sich das Aeq. des Arsens zu dem der beiden elektropositiven Metalle wie $6,94 : 7,69 = 1 : 1,1$, d. h. fast wie 1 : 1, so dass das Ganze als RAs betrachtet werden kann.

Silber und Eisen unter sich stehen in dem Atomverhältniss von 1 : 11. Das in dieser Verbindung enthaltene Antimonsilber hat freilich nicht die Zusammensetzung des kristallisirten von demselben Fundorte, welches bekanntlich $Ag^4 Sb$ ist.

Geht man andererseits, in der freilich nicht im mindesten wahrscheinlicheren Annahme, dass das untersuchte Mineral aus mehreren einzelnen bestehe, davon aus, dass diese letzteren Arsenikkies, Arsenikeisen und Antimonsilber seyen, so erhält man folgendes Resultat:

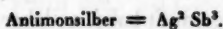


Schwefel	0,85	Arsenik	47,10	=	67,07
----------	------	---------	-------	---	-------

Arsenik	2,00	Eisen	23,12	=	32,93
---------	------	-------	-------	---	-------

Eisen	1,48		70,22		100.
-------	------	--	-------	--	------

4,33.

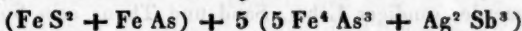


Antimon	15,46	=	63,52
---------	-------	---	-------

Silber	8,88	=	36,48
--------	------	---	-------

	24,34		100.
--	-------	--	------

$Fe^4 As^3$, d. h. das Mineral von Reichenstein etc., besteht, der Rechnung zufolge, aus 66,8 As und 33,2 Fe und $Ag^2 Sb^3$ aus 64,19 Sb und 35,81 Ag. Will man diese Verbindungen in unserem Mineral als präexistirend annehmen, so wird dasselbe ziemlich genau durch



bezeichnet.

XI. Wollastonit.

Wir sind im Stande, das Vorkommen dieses Minerals am Harze nachzuweisen. Hr. Hartig in Braunschweig fand

es unter den Gesteinen des Gabbro von Harzburg, und man hielt es anfänglich für Tremolith.

Es bildet weißse seidenglänzende blättrige und strahlige Massen, und zertheilt sich leicht in feine Nadeln. Seine Härte ist 4,5. Es wird von Hornblende begleitet.

Die Analyse gab:

		Sauerstoff.
Kieselsäure	53,01	27,53
Kalkerde	44,91	12,77
Talkerde	1,04	0,41
Eisen - u. Manganoxyd	} Spuren	13,18
Thonerde		
Glühverlust	1,59	
	100,55.	

Es ist also Kalkbisilikat, $\text{Ca}^3 \text{Si}^2$.

XII. Strontian-Schwerspath von Görzig bei Cöthen.

Schon in dem Bericht über die Verhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins des Harzes vom Jahre 1845 — 46 (S. 26) ist erwähnt, daß Hr. Rath Krause in Cöthen uns einen strontianhaltigen Schwerspath auf dichtem Mergelkalkstein zugesandt habe, welcher in einem auf Braunkohlen abgetäufelten Schachte bei Görzig vorgekommen ist. Die Analyse dieses Minerals, welches 15,12 Proc. schwefels. Strontian enthält, das Maximum, welches bisher gefunden wurde, hat Einer von uns gleichfalls schon früher mitgetheilt ¹⁾. Hier nur noch einige Worte über sein Vorkommen und seinen mineralogischen Charakter.

Etwa 50 — 55' unter der Oberfläche findet sich jener dichte Kalkstein, 1 — 1½' mächtig. Sein Dachgebirge ist Dammerde, sandiger Lehm, Sand und Thon; sein Sohlengebirge Thon und Braunkohle. Auf den Klüften dieses lichtgrauen Kalksteins findet sich das Mineral in Krystallen, und, wie der Cölestin von Nordheim, in excentrisch strahligen Massen.

Härte 3. Farbe bräunlich gelb, in dünnen Blättchen

1) Pogg. Ann. Bd. 68, S. 514.

fast durchsichtig und wasserhell. Strich weifs. Die Krystalle, wegen Krümmung der Flächen nicht genau mefsbar, sind lang gezogene Prismen vom Habitus der gewöhnlichen Schwerspathformen. Spaltbar am vollkommensten parallel der geraden Endfläche. Spec. Gew. = 4,488.

VI. Ueber die chemische Zusammensetzung der Knochen; von W. Heintz.

Die Knochen sind vielfältig schon Gegenstand chemischer Untersuchungen gewesen. Dennoch tauchen von Zeit zu Zeit über die Zusammensetzung selbst der unorganischen Bestandtheile derselben sehr verschiedene Ansichten auf. Erst vor nicht all zu langer Zeit hat Rees ¹⁾ die früher allgemein angenommene Anwesenheit des Fluors in denselben gelegnet. Allein bald nachher ist von Frerichs ²⁾ und Erdmann ³⁾ durch entscheidende Versuche die Gegenwart dieses Elements in den Knochen von Neuem dargethan worden. Ich selbst habe bei Gelegenheit der folgenden Untersuchung mehrfach das Fluor darin nachgewiesen.

Ueber die Zusammensetzung der in den Knochen vorhandenen phosphorsauren Kalkerde herrschen bis diesen Augenblick noch Zweifel, welche zu heben der Hauptzweck dieser Arbeit ist. Den ersten Versuch, die Zusammensetzung derselben zu ermitteln, hat Berzelius ⁴⁾ gemacht. Er nahm zwei gleiche Mengen Knochen, löste den einen Theil in einem zur Bestimmung der Kohlensäure geeigneten Apparat in Salpetersäure auf, brannte den anderen weifs, löste den Rückstand in Salzsäure, fällte die Lösung durch einen Ueberschufs an kaustischem Ammoniak, und erhielt nun in

1) *The Athenaeum* 1839 p. 675. Berz. J. Bericht Bd. 20, S. 578.

2) *Ann. der Chem. und Pharm.*, Bd. 43, S. 251. Berz. J. Bericht, Bd. 23, S. 615.

3) *J. f. pract. Chemie*, Bd. 19, S. 446.

4) *Gilbert's Ann.*, Bd. 53, S. 420.

dem Filtrat durch kohlensaures Kali einen Niederschlag von kohlensaurem Kalk, der genau so viel wog, daß die darin enthaltene Kohlensäuremenge eben so viel betrug, als die durch den directen Versuch gefundene. Berzelius schließt aus dem Resultate dieses Versuchs, daß die phosphorsaure Kalkerde in den Knochen dieselbe Zusammensetzung haben müsse, wie in dem durch Ammoniak aus der salzsauren Lösung der Knochenerde erhaltenen Niederschlage. Dieser besteht aber nach ihm, wenn er geglüht ist aus drei Atomen Phosphorsäure und acht Atomen Kalkerde, was er jedoch nicht durch directe Versuche ermittelt hat, sondern daraus schließt, daß nach seinen Analysen der durch Ammoniak aus der Lösung eines phosphorsauren Kalksalzes, welches etwas mehr Kalk enthält, als der Formel $\ddot{P}Ca^2$ entsprechen würde, oder der durch einen starken Ueberschuß von phosphorsaurem Natron aus der Lösung eines Kalksalzes in Wasser gefällte Niederschlag auf drei Atome der Säure acht Atome Basis enthält.

Nun hat aber Rammelsberg ¹⁾ nachgewiesen, daß wenn eine Phosphorsäure enthaltende Lösung durch eine Mischung von Chlorcalcium und Ammoniak vollständig gefällt wird, sich eine Verbindung niederschlägt, die zwar nicht stets von ganz gleicher Zusammensetzung erhalten wird, die aber im Mittel von 14 Versuchen nur 45,71 Proc. Phosphorsäure enthält, während die von Berzelius untersuchte Verbindung 48,8 Proc. davon enthalten müßte. Es scheint daher, als wenn in dem Falle, daß mehr Kalkerde in der Flüssigkeit, aus welcher durch Ammoniak phosphorsaurer Kalk gefällt wird, vorhanden ist, als zur vollständigen Sättigung der Phosphorsäure nothwendig ist, diejenige Verbindung sich niederschlägt, welche auf einen Atom der Säure drei Atome der Basis enthält.

Dieser Fall tritt nun wegen der in den Knochen enthaltenen kohlensauren Kalkerde offenbar ein, wenn eine Auflösung der Knochenerde in Salzsäure durch Ammoniak gefällt wird; in der davon abfiltrirten Flüssigkeit ist, wie

1) Pogg. Ann. Bd. 64. S. 420.

aus Berzelius's eigenen Versuchen hervorgeht noch Kalkerde enthalten. Wenn demnach der durch Ammoniak bei dem oben beschriebenen Versuche gefällte Niederschlag wahrscheinlich nach der Formel $\ddot{P}Ca^3$ zusammengesetzt war, so kann aus diesem Versuche gerade das geschlossen werden, was Berzelius selbst später noch so vielfach bestreitet, daß nämlich die phosphorsaure Kalkerde der Knochen auch nach jener Formel zusammengesetzt ist.

Es haben nämlich einige andere Chemiker die Ansicht geäußert, es möchte diese Formel für die phosphorsaure Kalkerde der Knochen wohl die richtigere seyn, ohne sie jedoch durch Versuche zu rechtfertigen. So Marchand ¹⁾ in seiner Arbeit über die chemische Zusammensetzung der Knochen. Boussingault ²⁾ berechnet seine Analysen der Knochen des Schweins, welche er zum Zweck der Untersuchung über die Entwicklung des Knochensystems dieses Thiers angestellt hat, mit der Voraussetzung, daß die darin enthaltene phosphorsaure Kalkerde gemäß der Formel $\ddot{P}Ca^3$ zusammengesetzt sey. Berzelius wirft aber diesen Chemikern in seinem Jahresbericht mit Recht vor, daß sie einen Zweifel an der Richtigkeit eines durch Analysen ermittelten Resultates verbreitet hätten, ohne durch Versuche ihre Ansicht zu bestätigen. v. Bibra bemerkt in seinem Werk „Chemische Untersuchungen über die Knochen und Zähne des Menschen und der Wirbelthiere“ (S. 93), daß die phosphorsaure Kalkerde in den Knochen aller Thiere, die er zu untersuchen Gelegenheit fand, stets nach der Formel $\ddot{P}Ca^3$ zusammengesetzt sey; aus der Methode, welche er bei seinen Untersuchungen anwendete (S. 117) geht aber hervor, daß seine Analysen hierüber gar keinen Schluß gestatten, da er die Phosphorsäure nicht direct bestimmt, sondern nur nach Abzug einer den gefundenen Kohlensäuremengen entsprechenden Quantität Kalk den Rest des Kalks

1) J. f. pract. Chem. Bd. 27. S. 83; Berz. J. Bericht 23. S. 612.

2) Ann. de Chim. et de Phys. XVI. pag. 486; Berz. J. Bericht 27. S. 564.

als phosphorsaure Kalkerde gemäß der Formel $\ddot{P}^3 Ca^6$ berechnet hat.

Mitscherlich beschreibt in seinem Lehrbuch (Bd. 2. S. 121) fast genau denselben Versuch, den Berzelius angestellt hat, nur daß nach ihm zur Kohlensäurebestimmung nicht die frischen, sondern die gebrannten Knochen verwendet werden sollen, und daß er nach Fällung des phosphorsauren Kalks durch Ammoniak nicht mit kohlen-saurem, sondern mit oxalsaurem Kali niederschlagen läßt. Der Schluß aber, den er aus dem Resultate desselben zieht, ist ein ganz anderer als der, zu welchem Berzelius durch seinen Versuch geführt wurde. Er schließt nämlich, daß, weil die Menge Kalk, welche durch oxalsaures Kali aus der Lösung der gebrannten Knochen, aus der durch Ammoniak die phosphorsaure Kalkerde und Talkerde gefällt ist, niedergeschlagen wird, der Menge der aus denselben erhaltenen Kohlensäure äquivalent ist, der phosphorsaure Kalk in den Knochen nach der Formel $\ddot{P} Ca^3$ zusammengesetzt seyn müsse. Die genauen Data seiner Versuche giebt Mitscherlich jedoch nicht an.

Von Untersuchungen über die Zusammensetzung des phosphorsauren Kalks in den Knochen ist hiernach allein die von Berzelius ausführlich bekannt, welche jedoch aus dem weiter oben schon angeführten Grunde vielleicht das Gegentheil von dem beweist, was er daraus schließt. Ich hielt es daher für wichtig, diesen Gegenstand einer neuen Untersuchung zu unterwerfen, und bei derselben alle Vorsichtsmafsregeln anzuwenden, welche die Richtigkeit der Resultate gewährleisten mußten.

Deshalb verfuhr ich auf folgende Weise: die compactesten Stücke ganz frischer Röhrenknochen wurden sorgfältig von der Knochenhaut, sowie von allem äußerlich anhängenden Fett befreit, und darauf vielfach mit Fließpapier umwickelt auf einem Amboss mittelst eines Hammers zer-schlagen. Zur Untersuchung suchte ich möglichst kleine, etwa linsengroße Stücke aus, die in einem Beutel von feinem Leinen in ein mit destillirtem Wasser gefülltes hohes

Cylinderglas so gehängt wurden, daß sie nur eben untergetaucht waren. Nach 24 Stunden wurde frisches Wasser aufgegossen, und dasselbe nach abermals 24 Stunden wiederholt. Nach wieder 24 Stunden wurden sie ausgepresst, und bei mäßiger Wärme getrocknet. Durch diese Operation hoffte ich in den Knochen etwa vorhandenes phosphorsaures Natron oder Kali, dessen Gegenwart das Resultat des fernerer Versuchs modificiren mußte, zu entfernen, zugleich aber es möglich machen zu können, darüber zu entscheiden, ob die geringe Menge des von anderen Chemikern in den Knochen vorgefundenen Eisens wesentlich ihnen, oder nur dem darin enthaltenen Blutroth zukomme. Denn durch diese Behandlung der Knochen mit Wasser mußte neben den löslichen Salzen auch dieses ausgezogen und entfernt werden.

Die nun getrockneten Knochen wurden einige Stunden bis 150° C. erhitzt, bei welcher Temperatur sie weder Geruch verbreiten noch die Farbe verändern, worauf sie sich mittelst eines Stahlmörser leicht so weit zerkleinern lassen, daß sie durch feine Leinwand gesiebt werden können. Das feine Pulver wurde darauf so lange bis 150° C. erhitzt, bis es nicht mehr an Gewicht abnahm, und in zwei Portionen gewogen.

Der eine Theil wurde in einem Glaskölbchen mit etwas Wasser angeschüttelt. Darauf brachte ich in denselben ein mit Salzsäure gefülltes Röhrchen, welches so gestellt wurde, daß die darin enthaltene Flüssigkeit durch Neigen des ganzen Apparates ausfließen konnte, und verschloß ihn durch einen ein Chlorcalciumrohr tragenden Kork, der mit Siegellack sorgfältig eingekittet wurde.

Nachdem dieser Apparat eine Stunde auf der Waage gestanden hatte, wurde er gewogen. Darauf geschah die Mischung der Säure mit dem in Wasser aufgeschwemmten Knochenpulver. Nachdem dann an das Chlorcalciumrohr zur Vermeidung der Gewichtszunahme des Apparates durch Aufnahme von Wasser aus der Luft ein zweites Chlorcalciumrohr befestigt worden war, wurde das Kölbchen bis

nahe zum Kochen erwärmt, und durch Saugen der Austausch der Gasarten befördert, welches letztere in Zwischenzeiten von einigen Stunden noch einige Male wiederholt wurde. Der Apparat wurde darauf gewogen.

Als die Erwärmung des Kölbchens und das Aussaugen des Apparates auf dieselbe Weise nochmals wiederholt wurde, fand sich, daß das Gewicht desselben noch um einige Milligramme abgenommen hatte, und diese Gewichtsabnahme fand stets statt, wie oft ich auch diese Operation wiederholen mochte.

Ich glaubte anfänglich, daß dieser Umstand von dem Entweichen von etwas Salzsäure abzuleiten sey. Deshalb wendete ich bei dem zweiten, dritten und vierten Versuche statt jener Säure Phosphorsäure an, ohne jedoch ein anderes Resultat zu erzielen.

Dadurch war dieser Umstand nicht zu erklären, daß etwa in den untersuchten Knochen noch Chlormetalle enthalten waren, denn ein besonderer Versuch hatte mich gelehrt, daß sie von diesen Verbindungen gänzlich frei waren. Es bleibt daher nichts übrig, als anzunehmen, daß die durch die zugesetzte Säure freigemachte Flußsäure, indem sie auf das Glas einwirkt und Fluorkiesel und dadurch wieder, bei Gegenwart von Wasser, Kieselfluorwasserstoffsäure bildet, welche mit den Wasserdämpfen, wenn auch nur wenig, flüchtig ist, einen allmäligen Verlust veranlafste, oder daß durch die Einwirkung der sauren Flüssigkeit auf die Gelatina der Knochen allmähig Gase entwickelt werden, durch deren Entweichen eine fortdauernde Gewichtsabnahme stattfindet. Da es nun bekannt ist, daß die Kohlensäure aus einem Apparate wie der beschriebene, leicht und schnell ausgetrieben werden kann, so habe ich stets die erste Wägung als die richtige angesehen. Aber auch sie muß ein etwas, wenn auch unbedeutend, zu hohes Resultat ergeben, da neben der Kohlensäureentwicklung zugleich eine zweite Ursache für die Gewichtsabnahme des Apparates stattfand.

Die zweite Portion des Knochenpulvers wurde in einem geräumigen Platintiegel bei möglichst gelinder Wärme verkohlt,

kohlt, die Kohle aber nicht sogleich verbrannt, um die etwa mögliche Zersetzung der phosphorsauren Kalk- oder Talkerde der Knochen durch Einwirkung der Kohle zu verhindern, sondern mit heifser Salzsäure ausgezogen. Die rückständige Kohle hinterliefs beim Verbrennen im Sauerstoffstrom niemals eine wägbare Menge Asche. Der salzsaure Auszug wurde in einer Platinschale bis zur Entfernung des größten Theils der überschüssigen Salzsäure eingedampft, mit kohlensaurem Natron übersättigt, und zur Trockne gebracht, worauf die rückständige Salzmasse über einem Spiritusgebläse zusammengeschnitten wurde. Diese Operation war notwendig, weil für den Fall der Richtigkeit von Berzelius's Angabe durch das Glühen der Knochen eine geringe Menge Pyrophosphorsäure hätte gebildet seyn können, welche bekanntlich nicht anders vollständig in die gewöhnliche Modification übergeführt werden kann, als durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron, und die doch in die gewöhnliche Modification der Phosphorsäure umgewandelt werden muß, wenn sie durch Magnesia und Ammoniak vollständig fällbar seyn soll.

Die geschmolzene Masse wurde darauf in Wasser und Salzsäure gelöst, mit Ammoniak im Ueberschufs versetzt und der dadurch entstandene Niederschlag in möglichst wenig Essigsäure gelöst. Nur bei zwei Analysen erhielt ich eine vollständige Lösung, bei den übrigen blieb ein größerer oder geringerer Rückstand, welcher abfiltrirt, getrocknet und gewogen wurde. Er konnte nach dem Glühen aus pyrophosphorsauren Kalkerde ($P Ca^2$) und vielleicht etwas phosphorsaurem Eisenoxyd bestehen. In einem dieser Fälle, wo die Menge desselben nur sehr gering war, wurde er in Salzsäure gelöst, und die Lösung mit Ammoniak im Ueberschufs und etwas Schwefelammonium versetzt. Es konnte aber niemals eine schwarze oder auch nur grünliche Färbung der Flüssigkeit bemerkt werden, woraus die gänzliche Abwesenheit des Eisens in den mit Wasser ausgelaugten Knochen hervorgeht. In dem Falle dagegen, wo die Menge des nicht gelösten phosphorsauren Kalks größer

war, löste ich ihn in Salzsäure auf und fällte mit Schwefelsäure und Alkohol den Kalk, welcher filtrirt, mit Spiritus gewaschen, gegläht und gewogen wurde. Es fand sich, daß der Niederschlag genau so viel Kalk enthielt, als der pyrophosphorsauren Talkerde entspricht, und weder in ihm noch im Filtrat war durch Ammoniak und Schwefelammonium Eisen zu entdecken.

Die Essigsäurelösung wurde mit oxalsaurem Kali vollständig gefällt, der Niederschlag nach 24 Stunden abfiltrirt, ausgewaschen, auf die bekannte Weise in kohlensauen Kalk umgewandelt und gewogen. Durch einen besonderen Versuch hatte ich mich vorher überzeugt, daß eine mit Essigsäure schwach sauer gemachte Lösung eines Kalksalzes, wenn sie mit überschüssigem oxalsauren Kali 24 Stunden hingestellt wird, nach dem Filtriren durch Ammoniak selbst nach nochmals 24 Stunden keine Spur eines Niederschlages absetzt, daß also auf die oben angegebene Weise wirklich aller Kalk gefällt werden muß.

Die vom oxalsauren Kalk abfiltrirte Flüssigkeit wurde darauf mit Ammoniak im Ueberschuß versetzt, wodurch die in den Knochen enthaltene Talkerde als phosphorsaure Ammoniak-Talkerde gefällt wurde. Der Niederschlag wurde auf die bekannte Weise als pyrophosphorsaure Magnesia zur Wägung gebracht, und endlich die im Filtrat enthaltene Phosphorsäure durch schwefelsaure Magnesia und Ammoniak gefällt, und gleichfalls als pyrophosphorsaure Talkerde gewogen.

Nach dieser Methode erhielt ich die folgenden Resultate.

I. Ochsenknochen.

Zu der Untersuchung derselben wurde der compacteste Theil vom Femur eines Ochsen gewählt.

2,679 Grm. des bei 150° C. getrockneten Pulvers desselben lieferten mit Salzsäure 0,083 Grm. Kohlensäure.

Gleichfalls 2,679 Grm. dieser Knochen lieferten 1,792 Grm. kohlensauen Kalk, entsprechend 1,0035 Grm. Talkerde, 0,071 Grm. pyrophosphorsaure Talkerde, entsprechend

0,026 Grm. Talkerde und 0,045 Grm. Phosphorsäure, endlich 1,108 Grm. pyrophosphorsaure Talkerde entsprechend 0,7021 Grm. Phosphorsäure.

Diese Knochen bestanden daher in 100 Theilen aus:

Kalkerde	37,46
Talkerde	0,97
Phosphorsäure	27,89
Kohlensäure	3,10

Verlust organische Substanz, Fluor, Wasser 30,58
100.

Wenn nun die gefundenen Basen an die Säuren vertheilt werden sollen, um so die Menge der in den Knochen vorhandenen Salze zu finden, will ich von der weiter unten zu begründenden Ansicht ausgehen, daß die phosphorsaure Kalkerde derselben nach der Formel $\ddot{P}Ca^2$ zusammengesetzt sey. Die Kohlensäure soll der herrschenden Ansicht gemäß an Kalk gebunden angenommen werden. Die Talkerde muß dann an Phosphorsäure gebunden gewesen seyn, und es fragt sich nur, ob sie als der Formel $\ddot{P}Mg^2$ oder $\ddot{P}Mg^3$ gemäß zu berechnen seyn wird. Die erstere Verbindung ist bekanntlich in Wasser ziemlich auflöslich, während die letztere fast unlöslich ist. Da sie nun durch Wasser aus den Knochen nicht hat ausgewaschen werden können, so kann nur letztere darin angenommen werden.

Wollte man aber auch die Talkerde nicht als phosphorsaures sondern als kohlen-saures Salz in Rechnung ziehen, so würde dennoch das Hauptresultat, welches aus diesen Versuchen gezogen werden wird, nämlich daß die Menge der Basen größer ist, als zur Sättigung der Phosphorsäure und Kohlensäure hinreicht, keine Veränderung erleiden; denn, da sich diese Verbindung aus einer nicht kochenden, stets Kohlensäure im Ueberschuß enthaltenden Flüssigkeit abgesetzt haben mußte, so würde sie gleich wie die kohlen-saure Kalkerde als neutrales Salz darin enthalten seyn. Ist demnach die Menge der Basen so groß, daß, wenn die Kohlensäure als neutrales Salz und die Phosphorsäure als

drei Atome fixer Basis bindend verrechnet wird, kein Ueberschufs an Säure, sondern vielmehr ein Ueberschufs an Basis sich zeigt, wie die Versuche wirklich ergeben, muß also die phosphorsaure Kalkerde in den Knochen in demselben Sättigungsgrade angenommen werden, wie die phosphorsaure Talkerde, wenn sie darin vorkommen sollte, so muß der Ueberschufs an Basis nach der einen Berechnungsweise eben so groß seyn, wie nach der anderen.

Wenn man daher die Kohlensäure an die Kalkerde gebunden annimmt, und die Magnesia als phosphorsaure Magnesia ($\ddot{P} \text{Mg}^3$) voraussetzt, so ist die Zusammensetzung der untersuchten Knochen folgende:

Kohlensaure Kalkerde	7,07
Phosphorsaure Talkerde ($\ddot{P} \text{Mg}^3$)	2,09
Phosphorsaure Kalkerde ($\ddot{P} \text{Ca}^3$)	58,30
Kalkerde	1,96
Organische Substanz etc.	30,58
	<hr/> 100.

2. Hammelknochen.

Zu dieser Analyse wurde der feste Theil des Femur eines Hammels ausgesucht.

2,199 Grm. des bei 150° C. getrockneten Pulvers dieses Knochens lieferten mit Phosphorsäure 0,0677 Grm. Kohlensäure, entsprechend 3,88 Proc.

Aus 2,166 Grm. desselben erhielt ich 1,5473 Grm. kohlensaure Kalkerde (0,8665 Grm. Kalk), 0,0438 Grm. pyrophosphorsaure Talkerde (0,0278 Grm. Phosphorsäure und 0,016 Grm. Magnesia) und 0,9695 Grm. pyrophosphorsaure Talkerde, entsprechend 0,6143 Grm. Phosphorsäure.

Demnach war die Zusammensetzung von 100 Theilen dieses Knochens folgende:

Kalkerde	40,00
Talkerde	0,74
Phosphorsäure	29,64
Kohlensäure	3,08
Organische Substanz (Verl.)	26,54
	<hr/> 100

oder wenn man die Magnesia als phosphorsaures Salz ($\ddot{P} Mg^3$), die Kohlensäure an Kalkerde gebunden annimmt, folgende:

Kohlensaure Kalkerde . . .	7,00
Phosphorsaure Talkerde . . .	1,59
Phosphorsaure Kalkerde . . .	62,70
Kalkerde	2,17
Organische Subst. etc. (Verl.)	26,54
	<u>100.</u>

3. Menschenknochen.

Die zu diesen Versuchen verwendete Knochensubstanz war dem mittleren festeren Theile des Oberschenkelknochens einer an *typhus abdominalis* gestorbenen Frau entnommen.

2,059 Grm. derselben gaben mittelst Phosphorsäure 0,0575 Grm. Kohlensäure.

Aus 1,9145 Grm. erhielt ich 1,223 Grm. kohlensaure Kalkerde (entsprechend 0,6849 Grm. Kalkerde), 0,030 Grm. pyrophosphorsaure Magnesia (entsprechend 0,011 Gramm Talkerde und 0,019 Grm. Phosphorsäure), 0,743 Grm. pyrophosphorsaure Talkerde (entsprechend 0,4708 Grm. Phosphorsäure), endlich 0,092 Grm. pyrophosphorsaure Kalkerde, welche aus 0,0405 Grm. Kalkerde und 0,0515 Grm. Phosphorsäure besteht, Sie lieferte 0,099 Grm. schwefelsaure Kalkerde, welche 0,0408 Grm. Kalkerde enthält.

Hiernach bestanden diese Knochen in 100 Theilen aus:

Kalkerde	37,89
Talkerde	0,57
Phosphorsäure	28,27
Kohlensäure	2,80
Organische Substanz (Verlust)	30,47
	<u>100</u>

oder wenn die Talkerde als phosphorsaures Salz ($\ddot{P} Mg^3$) und die Kohlensäure an Kalkerde gebunden in den Knochen angenommen wird, aus:

Kohlens. Kalkerde	6,36
Phosphors. Talkerde ($P Mg^3$)	1,23
Phosphors. Kalkerde ($P Ca^3$)	60,13
Kalkerde	1,81
Organische Substanz etc. (Verl.)	30,47
	<hr/> 100.

Da man mir einwenden könnte, dafs selbst schon bei der Temperatur, welche zur vollständigen Verkohlung der Knochen nothwendig ist, eine Zersetzung der Knochenasche, und namentlich ein Verlust an Phosphorsäure stattfinden könnte, so schien es mir wichtig und nothwendig, eine Portion der Knochen, ohne sie zu verkohlen, zur Untersuchung zu verwenden. Zu dem Ende wurde ein Stück desselben Oberschenkels einer Frau, welcher zu der zuletzt erwähnten Analyse verwendet wurde auf die weiter oben beschriebene Weise zerkleinert, und bei $150^{\circ} C.$ getrocknet. Zwei Portionen des getrockneten Pulvers wurden zur Kohlensäurebestimmung verwendet, eine dritte mit verdünnter Salzsäure mehrere Tage digerirt. Die Lösung wurde vom Ungelösten abfiltrirt, dieses sorgfältig ausgewaschen, und im Filtrat die Kalkerde, Talkerde und Phosphorsäure wie oben bestimmt. Nach dem Verkohlen des in Wasser nicht gelösten Rückstandes konnte durch Salzsäure keine wägbare Menge feuerbeständiger Bestandtheile ausgezogen werden. Eben so wenig blieb nach Verbrennung der Kohle eine wesentliche Menge derselben zurück.

Herr H. Kern aus Brünn hat diese letztere Untersuchung in meinem Laboratorium mit besonderer Sorgfalt ausgeführt.

2,401 Grm. lieferten mittelst Phosphorsäure zersetzt 0,0685 Grm. Kohlensäure, gleich 2,85 Proc.

2,7645 Grm. gaben auf dieselbe Weise 0,0765 Grm. oder 2,77 Proc., also im Mittel beider Versuche 2,81 Proc. Kohlensäure.

Aus 1,249 Grm. wurden 0,833 Grm. kohlensaure Kalkerde, 0,0045 Grm. pyrophosphorsaure Kalkerde, 0,0195 Grm.

pyrophosphorsaure Magnesia und endlich 0,5282 Grm. pyrophosphorsaure Magnesia gewonnen. Diese Zahlen führen zu folgender Zusammensetzung der Knochen:

	In 100 Theilen.	
Kalkerde	0,4685	37,51
Talkerde	0,0070	0,56
Phosphorsäure	0,3497	28,00
Kohlensäure		2,81
Organische Substanz etc. (Verlust)		31,12
		<hr/> 100.

Berechnet man die Zusammensetzung unter der Voraussetzung, daß die Talkerde als phosphorsaures Salz, und die Kohlensäure an Kalkerde gebunden in den Knochen enthalten war, so kommt man zu folgendem Resultate:

Kohlensaure Kalkerde	6,39
Phosphorsaure Talkerde	1,21
Phosphorsaure Kalkerde	59,67
Kalkerde	1,62
Organische Substanz etc. (Verlust)	31,11
	<hr/> 100.

Das Resultat dieser Analyse stimmt mit dem der vorigen so genau überein, wie man es bei solchen Untersuchungen erwarten kann. Naturgemäfs läßt sich nicht voraussetzen, daß Körper, welche aus einem Gemenge verschiedener Stoffe gebildet sind, in allen ihren Theilen vollkommen gleich zusammengesetzt sind; es ist daher nicht auffallend, daß diese beiden Analysen Resultate ergeben haben, welche nicht absolut genau übereinstimmen. Der Unterschied in der Zusammensetzung der beiden untersuchten Knochenstücke scheint jedoch mehr in einer Verschiedenheit der Menge der organischen Substanz im Verhältniß zu den unorganischen Bestandtheilen, als in einer abweichenden Zusammensetzung dieser letzteren gesucht werden zu müssen. Denn berechnet man nach Abzug der organischen Substanz die Menge derselben auf 100 Theile, so findet man:

	I.	II.
Kohlensäure Kalkerde	9,15	9,27
Phosphorsaure Talkerde	1,77	1,76
Phosphorsaure Kalkerde	86,48	86,62
Kalkerde . . .	2,60	2,35
	100.	100.

Die geringen Differenzen, welche diese Zahlen an sich tragen, können wohl füglich den unvermeidlichen Versuchsfehlern zugeschrieben werden.

Darin stimmen die Resultate aller dieser Versuche überein, dafs die Menge der Basen in den Knochen gröfser ist, als zur vollständigen Sättigung der darin enthaltenen Kohlensäure und Phosphorsäure erforderlich ist. Zunächst kam es darauf an, nachzuweisen, an welche Säure die überschüssige Kalkerde gebunden sey. Vor allen Dingen mußte man natürlich an Fluor denken, dessen Gegenwart in den Knochen schon durch Berzelius ¹⁾ dargethan und später durch Frerichs ²⁾ und Erdmann ³⁾ bestätigt worden ist. Versuche, welche ich mit denselben Ochsen- und Menschenknochen anstellte, die zu den obigen Analysen dienten, führten mich zu demselben Resultate. In einer mit Wachs überzogenen und mit Schriftzügen versehenen Glasplatte, mit welcher ein geräumiger Platintiegel schnell zugedeckt wurde, nachdem darin die verkohlten Knochen mit concentrirter Schwefelsäure gemischt worden waren, fanden sich nach anhaltendem gelinden Erwärmen des Tiegels jene Buchstaben ziemlich tief eingätzt, was nur der Gegenwart der Flußssäure zugeschrieben werden kann.

Da bei den oben beschriebenen Analysen die Knochenkohle oder das Knochenpulver mit heifser Salzsäure anhaltend digerirt und die saure Lösung abgedampft worden war, so mußte die Flußssäure zum größten Theile oder vollständig verjagt worden seyn, konnte also die Resultate der Analysen nur unwesentlich oder gar nicht verändern.

Um mich jedoch zu überzeugen, ob neben Fluor noch

1) Gehlen, Journ. f. Chem. u. Phys., Bd. 3. S. 1.

2 u. 3) a. oben a. O.

andere anorganische elektronegative Substanzen in den Knochen vorkommen, verkohlte ich sie, nachdem sie auf die weiter oben angegebene Weise mit Wasser ausgelaugt worden waren, und übergoss die Kohle mit verdünnter Salpetersäure. Nachdem sie mehrere Stunden darauf eingewirkt hatte, wurde filtrirt, und das Filtrat mit salpetersaurem Silberoxyd und salpetersaurer Baryterde versetzt. Ich erhielt in keinem Falle auch nur die leiseste Trübung. Es sind daher weder schwefelsaure noch Chlorverbindungen in den Knochen enthalten, und es bleibt nur anzunehmen übrig, daß jener überschüssig gefundene Kalk als Fluorcalcium in Rechnung zu stellen sey. Unter der Voraussetzung, daß wirklich die phosphorsaure Kalkerde in den Knochen nach der Formel $\ddot{\text{P}}\text{Ca}^3$ und nicht nach der von Berzelius aufgestellten zusammengesetzt sey, sind danach in den Ochsenknochen 2,72 Proc., in den Hammelknochen 3,01 Proc. und in den Menschenknochen 2,51 und 2,25 Proc. Fluorcalcium gefunden worden.

Berechnet man ihre Zusammensetzung auf 100 Theile der feuerbeständigen Bestandtheile derselben, so findet man folgendes:

	Ochsen- knochen.	Hammel- knochen.	Menschenknochen.	
			I.	II.
Kohlens. Kalkerde . . .	10,07	9,42	9,06	9,19
Phosphors. Talkerde ($\ddot{\text{P}}\text{Mg}^3$)	2,98	2,15	1,75	1,74
Phosphors. Kalkerde ($\ddot{\text{P}}\text{Ca}^3$)	83,07	84,39	85,62	85,83
Fluorcalcium	3,88	4,05	3,57	3,24
	100	100	100	100.

Vergleicht man hiemit die früheren Resultate von Berzelius ¹⁾, so findet man sie ziemlich übereinstimmend mit den vorliegenden. Dieser fand nämlich in der Asche des Schenkelknochens eines Menschen 3,0 Proc. und in der eines Ochsenknochens 4,25 Proc. Fluorcalcium. Marchand ²⁾ fand in einem Menschenknochen 1,0 Proc. Fluorcalcium.

1) a. oben a. O.

2) J. f. pract. Chem., Bd. 27. S. 87.

Dießs beträgt 1,6 Proc. der feuerbeständigen Bestandtheile desselben.

Um mich jedoch zu überzeugen, ob die Menge des Fluors in den Knochen wirklich einigermaßen der Menge Kalkerde entspricht, welche ich mehr gefunden habe, als zur vollständigen Sättigung der Kohlensäure und der Phosphorsäure nothwendig ist, habe ich mit einem anderen Theile der Menschenknochen, welche zu den obigen Analysen dienten, folgende Versuche gemacht.

4,005 Grm. bei 150° C. getrockneten Knochenpulvers wurde in einem geräumigen Platintiegel verkohlt, die Kohle mittelst eines Sauerstoffstromes verbrannt, und die weißs gebrannte Masse, welche alles Fluor enthalten mußte, da das Fluorcalcium durch Glühen mit Kohle nicht zersetzt wird, mit dem dreifachen Gewicht an kohlen saurem Natron zusammengemengt und anhaltend im Schmelzen erhalten.

Die geschmolzene Masse wurde mit heißem Wasser ausgezogen, und die Lösung von dem Ungelösten in eine geräumige Platinschale abfiltrirt. Um mich zu überzeugen, daß alles Fluor in die wässrige Lösung übergegangen war, trocknete ich letzteres, und brachte es in einen Platintiegel, der mit einer mit Wachs überzogenen und mit Schriftzügen versehenen Glasplatte bedeckt war, und in welchem es mit concentrirter Schwefelsäure übergossen und gelinde erwärmt wurde. Nach anhaltender Einwirkung war keine Spur einer Aetzung auf dem Glase zu bemerken.

Die Flüssigkeit, welche demnach alles Fluor als Fluornatrium, einen Theil der Phosphorsäure, und das überschüssige kohlen saure Natron enthalten mußte, wurde durch Abdampfen auf ein geringes Volumen gebracht und mit Salzsäure vorsichtig angesäuert vier und zwanzig Stunden unter einer Glocke neben einer Lösung von caustischem Kali stehen gelassen, worauf mit einer längere Zeit aufbewahrten, frisch filtrirten Mischung von Chlorcalcium und Ammoniak die Phosphorsäure und das Fluor gefällt wurde. Der schnell und sorgfältig ausgewaschene Niederschlag der aus phosphorsaurer Kalkerde und Fluorcalcium bestehen

musste, wurde geglüht. Sein Gewicht betrug 0,4835 Grm. Darauf wurde er in einer Platinschale mit Schwefelsäure übergossen, und bis zur gänzlichen Entfernung der Fluorwasserstoffsäure erhitzt. Nach Zusatz von etwas Wasser wurde durch Alkohol die schwefelsaure Kalkerde vollständig gefällt, der erhaltene Niederschlag mit Spiritus ausgewaschen, und aus dem Filtrat die Phosphorsäure durch schwefelsaure Magnesia und Ammoniak niedergeschlagen.

So erhielt ich 0,648 Grm. schwefelsaure Kalkerde und 0,3055 Grm. pyrophosphorsaure Magnesia. Diefs entspricht 0,2668 Grm. Kalkerde und 0,1936 Grm. Phosphorsäure. Der Verlust beträgt 0,0231 Grm. Er ist gleich der Differenz der in den Knochen enthaltenen Quantität Fluor und der ihr äquivalenten Menge Sauerstoff. Erstere findet man daher leicht nach der Formel $d = x - \frac{100 x}{235,71}$ oder $x = \frac{235,71}{135,71} d$, wenn d den erwähnten Verlust bedeutet.

Die Menge des Fluors in den untersuchten Knochen beträgt daher 0,0401 Grm. oder 1,00 Proc., und entspricht 0,0823 Grm. oder 2,05 Proc. Fluorcalcium. Der Gehalt der feuerbeständigen Bestandtheile der Knochen an Fluorcalcium betrug also 2,97 Proc.

Ich habe der Rechnung, durch welche man die Menge des Fluors in dem vorliegenden Falle zu bestimmen hat, so ausführlich Erwähnung gethan, weil Fresenius ¹⁾, welcher zuerst die angeführte Methode zur Bestimmung des Fluors bei Gegenwart von Phosphorsäure vorgeschrieben hat, einfach aus dem Verluste die Menge desselben berechnen läßt, was deswegen unrichtig ist, weil nicht die ganze Menge der als schwefelsaures Salz gewonnenen Kalkerde in dem durch Chlorcalcium und Ammoniak erhaltenen, geglühten Niederschlage als Kalkerde sondern zum Theil als Calcium und zwar an Fluor gebunden, enthalten ist.

Vergleicht man das Resultat des so eben beschriebenen Versuchs mit den Analysen desselben Knochens, welche

1) Fresenius, *Auleit. z. quant. chem. Analyse*, S. 282.

ich weiter oben angeführt habe, so findet man, daß die Menge Fluorcalcium, welche ich hier gefunden habe, mit der Quantität, welche aus dem dort gefundenen Ueberschusse an Kalkerde berechnet worden ist, so nahe übereinstimmt, als es bei so complicirten und so viel Fehlerquellen in sich tragenden Versuchen nur immer möglich ist. Nach jenen Analysen beträgt nämlich der Gehalt der bei 150° C. getrockneten Knochen an Fluorcalcium 2,25 Proc. und 2,51 Proc. nach diesem Versuche 2,05 Proc.

Aus den vorstehenden Analysen geht nun unzweifelhaft hervor, daß die unorganischen Bestandtheile der Knochen gerade soviel elektropositive Körper enthalten, daß die elektronegativen vollständig gesättigt werden können, daß also der eine oben erwähnte von Berzelius ausgeführte Versuch, aus welchem er schliessen zu dürfen glaubte, daß die phosphorsaure Kalkerde in den Knochen nach der Formel $\text{P}^3 \text{Ca}^5$ zusammengesetzt sey, einen Fehler enthalten muß. Ich will versuchen denselben aufzudecken.

Daß er nicht in einer mangelhaft ausgeführten Analyse zu suchen sey, ist bei einem Chemiker von so anerkannter Geschicklichkeit, wie Berzelius, vorauszusetzen. Nur die Schlüsse, welche er aus dem Resultate derselben zieht, können vielleicht einem Zweifel unterliegen. Nachdem Berzelius die Knochen, wie ich weiter oben angeführt habe, verbrannt hatte, löste er den Rückstand in Salzsäure auf, und fällte mit caustischem Ammoniak. Jene Auflösung geschah höchst wahrscheinlich bei niederer Temperatur und mittelst verdünnter Säure, so daß Fluorwasserstoff weder entweichen, noch auch wesentlich das Gefäß angreifen konnte, wenn Berzelius nicht etwa Platingefäße anwendete, was bei einem so sorgfältigen Chemiker wohl zu erwarten ist, der die Gegenwart des Fluors in den Knochen kannte. In dem Niederschlage, der durch Ammoniak entstand, mußte demnach alles Fluorcalcium wieder enthalten seyn. Ferner mußte auch, wie ich schon oben aus Rammelsberg's Arbeit geschlossen habe, der phosphorsaure Kalk, welcher niederfiel, wegen des Ueberschusses an Kalk-

erde in der Lösung nach der Formel $\ddot{P} \text{Ca}^3$ zusammengesetzt seyn. Nur die phosphorsaure Talkerde, welche als phosphorsaure Ammoniak-Talkerde durch Ammoniak gefällt werden mußte, also als eine Verbindung, die auf einen Atom nur zwei Atome fixer Basis enthält, während man sie in den Knochen als $\ddot{P} \text{Mg}^3$ anzunehmen gezwungen ist, veranlaßte, daß freilich nur eine sehr geringe Quantität Kalk weniger durch Ammoniak gefällt wurde, als gefällt werden mußte, wenn die phosphorsaure Talkerde in derselben Form gefällt worden wäre, in der sie in den Knochen angenommen werden muß. Es mußte daher eine sehr kleine Menge Kalk mehr in der vom Ammoniakniederschlage abfiltrirten Flüssigkeit enthalten seyn, als zur Sättigung der in einem anderen Versuche gefundenen Kohlensäure nothwendig ist. Berzelius fand aber, wenn man seine Resultate nach dem neuen Atomgewicht der Kalkerde und der Kohlensäure berechnet, genau so viel kohlensaure Kalkerde, daß die darin enthaltene Kohlensäure, der bei dem directen Versuche gefundenen, gleich war.

Es ist also allerdings eine kleine Differenz vorhanden, die jedoch so gering ist, daß man sie den jedem Versuche anhaftenden Fehlerquellen zuschreiben kann, zumal wenn man bedenkt, daß, wenn man eine Flüssigkeit, die mit Ammoniak einen voluminösen Niederschlag giebt, dabei aber einen Ueberschuß an Kalkerde in Lösung behält, durch dieses Reagens fällt, trotz aller Sorgfalt, ehe der Niederschlag ausgewaschen ist, durch Einwirkung der Kohlensäure der Luft eine geringe Menge kohlensauren Kalks sich abscheidet, die im Niederschlage auf dem Filtrum zurückbleibt.

Berzelius wendete aber zu seinem Versuche 10 Grm. Knochen an, mußte also durch Ammoniak einen Niederschlag von gegen 6 Grm. Gewicht erhalten. Es ist daher wohl anzunehmen, daß, ehe eine solche Quantität eines so gelatinösen Niederschlages ausgewaschen werden konnte, sich demselben eine geringe Menge kohlensauren Kalks beimi-

schen mußte, wodurch die genaue Uebereinstimmung des Kohlensäuregehalts der Knochen und der in dem Filtrat enthaltenen Kalkerde zufällig zu Stande kam.

In dem Vorstehenden glaube ich nachgewiesen zu haben, daß man keinen Grund hat, aus dem Versuche von Berzelius zu schliessen, die phosphorsaure Kalkerde der Knochen sey nach der Formel $\ddot{P}^3 \text{Ca}^8$ zusammengesetzt. Meine Analysen beweisen dagegen klar und deutlich, daß, wenn man dieses Salz nach der Formel $\ddot{P} \text{Ca}^3$ zusammengesetzt betrachtet, die Menge der gefundenen Basen gerade hinreicht, um die Säuren vollständig zu sättigen, und ich halte mich daher für berechtigt, diese Formel als die einzig richtige anzusehen.

Man könnte einwenden, daß die Methode der Fluorbestimmung nicht genau genug sey, um diesen Schluss absolut festzustellen. Ich muß die geringe Genauigkeit derselben allerdings zugeben, und dies ist eben der Grund gewesen, weshalb ich nur eine Fluorbestimmung ausgeführt habe. Allein auch abgesehen hievon, wird man durch die bloße Bestimmung der Kalkerde, Talkerde, Phosphorsäure und Kohlensäure zu demselben Schluss geführt.

Wollte man nämlich annehmen, Berzelius's Formel für die phosphorsaure Kalkerde der Knochen sey die richtige, so würde außer der schon bei der Annahme der Formel $\ddot{P} \text{Ca}^3$ überschüssigen Menge Kalkerde noch der neunte Theil der weiter oben als an Phosphorsäure gebunden berechneten Menge Kalkerde in den Knochen als caustische Kalkerde oder als Fluorcalcium oder als ein Salz irgend einer noch unbekannten Säure, mit der sie ein unlösliches Salz bildet, angenommen werden müssen. Ersteres ist durchaus irrationell, letzteres nicht eher anzunehmen, als bis die Gegenwart einer solchen Säure nachgewiesen ist. Nimmt man aber an, jene Menge Kalkerde sey als Fluorcalcium in den Knochen, so würden sie nach den vier oben angeführten Versuchen 7,58; 8,24; 7,52; 7,25 Proc. Fluorcalcium enthalten haben, eine Menge, die so bedeutend von der

direct gefundenen abweicht, daß man trotz der mangelhaften Genauigkeit der Methode der Fluorbestimmung unmöglich eine Voraussetzung als richtig betrachten kann, aus der von den direct gefundenen so abweichende Resultate hervorgehen, und ich glaube daher hinlänglich bewiesen zu haben, daß die in den Knochen enthaltene phosphorsaure Kalkerde nicht nach der complicirten Formel $\ddot{P}^3 \text{Ca}^3$ zusammengesetzt ist, sondern daß sie aus einem Atom Phosphorsäure und drei Atomen Kalkerde besteht.

Die Schlüsse, welche sich aus vorstehender Arbeit ergeben, sind folgende:

1. Die Knochen der Wirbelthiere enthalten eine geringe Menge Fluorcalcium, wie dieß auch schon von Berzelius und später von Frerichs, Erdmann und anderen nachgewiesen worden ist.

2. Dagegen ist die eigentliche Knochenmasse, welche vermöge ihrer Unlöslichkeit den Knochen ihre Festigkeit giebt, gänzlich frei von Chlorverbindungen, von schwefelsauren Salzen und von Eisen. Wo dieselben als Bestandtheile der Knochen gefunden worden sind, ist die Flüssigkeit, welche sie durchtränkt, nicht vor dem Versuche entfernt worden.

3. Die feuerbeständigen Basen in den Knochen reichen gerade hin, um die darin enthaltenen Säuren vollständig zu sättigen. Es muß daher nicht allein die phosphorsaure Kalkerde, welche nur dann, wenn sie drei Atome fixer Basis enthält, so schwer auflöslich ist, daß sie in den mit Wasser ausgelaugten Knochen als vorhanden angenommen werden darf, sondern auch die phosphorsaure Kalkerde darin gemäß der Formel $\ddot{P} \text{R}^3$ zusammengesetzt enthalten seyn.

VII. *Ueber eine Reihe unlöslicher alkalischer Salze der Phosphorsäure und Arseniksäure;*
von Heinr. Rose.

Wenn eine organische Substanz beim Ausschluss der Luft verkohlt, und darauf die verkohlte Masse so lange mit Wasser behandelt wird, bis dieses nichts mehr auflöst, so wird durch Chlorwasserstoffsäure aus der durch Wasser erschöpften Kohle eine oft nicht unbedeutende Menge von Kali und Natron neben phosphorsauren Erdsalzen ausgezogen.

Die Alkalien waren, wie dies in den meisten Fällen die Berechnung zeigt, in der verkohlten Masse an Phosphorsäure gebunden. Aber sie hatten mit den phosphorsauren Erdsalzen Doppelsalze gebildet, die im Wasser unlöslich sind ¹⁾.

Von den in Wasser unlöslichen Doppelsalzen der phosphorsauren Erden und Alkalien war bis jetzt die phosphorsaure Ammoniak-Magnesia das einzig bekannte, aber von gleicher Zusammensetzung mit dieser, die gegen 2 Atome der Magnesia ein Atom Ammoniumoxyd enthält, können ganz analoge Doppelsalze von Kali und Natron, sowie auch selbst von Lithion, sowohl mit Magnesia als auch mit Kalkerde gebildet werden.

Wenn phosphorsaure Kalkerde und Magnesia mit einem Ueberschuss von kohlensaurem Alkali geschmolzen werden, so bilden sich diese Doppelsalze. Aber man kann sie auf diese Weise nicht rein erhalten, da immer durch das grofse Uebermaafs des kohlensauren Alkalis eine theilweise Zersetzung stattfindet. Je höher die Temperatur ist, die bei der Zersetzung stattfindet, und je vollkommener das Ganze in den Fluss kommt, um so mehr wird von der phosphorsauren Erde zersetzt. Bei der phosphorsauren Magnesia kann sogar unter gewissen Bedingungen eine vollständige Zer-

1) Pogg. Ann. Bd. 76, S. 330.

Zersetzung stattfinden, aber bei der phosphorsauren Kalkerde gelingt diese nie, und die Ursach davon ist die schwere Zersetzbarkeit des Doppelsalzes von phosphorsaurem Alkali und phosphorsaurer Kalkerde durch kohlen-saures Alkali ¹⁾).

Wenn aber die phosphorsauren Erden mit einer geringen Menge von kohlen-saurem Alkali gut gemengt und dann so geglüht werden, dafs die Masse weder schmelzen, noch selbst zusammensintern kann, so wird die ganze Menge der Kohlensäure aus dem Alkali getrieben, und weder durch kaltes noch durch heifses Wasser kann aus der geglühten Verbindung das Alkali vollständig ausgezogen werden.

Es ist aber schwer, diese Verbindungen im grössten Zustand der Reinheit darzustellen. Es hängt diefs zum Theil von der Quantität des angewandten kohlen-sauren Alkalis ab. Nimmt man zu wenig davon, so erhält man die Verbindung mit überschüssiger phosphorsaurer Erde gemengt. Wendet man zu viel an, so kann eine geringe Zersetzung stattfinden, und die Verbindung enthält dann eine gröfsere oder geringere Menge von kohlen-saurer Erde. Zum Theil aber hängt die Zusammensetzung der Verbindung von dem längeren oder kürzeren Auswaschen ab, durch welches sie mehr oder weniger verändert wird.

Es wurde gewöhnlich ein Atom der pyrophosphorsauren Erde mit einem Atom des kohlen-sauren Alkalis auf das innigste gemengt, und das Gemenge so lange geglüht, bis kein Gewichtsverlust mehr stattfand. Die geglühte Masse war dadurch weder geschmolzen noch selbst zusammengesintert. Sie wurde darauf einige Zeit mit Wasser erhitzt und mit heifsem Wasser ausgewaschen.

Die erhaltenen Verbindungen zeigten bei der Analyse mehr oder weniger annähernd die Zusammensetzung einer Verbindung von zwei Atomen Erde, einem Atom Alkali und einem Atom Phosphorsäure, so dafs der Sauerstoffgehalt der Basen sich mehr oder weniger annähernd zu dem der Phosphorsäure wie 3:5 verhielt.

In den meisten Fällen erforderte das Auswaschen lange

1) Pogg. Annal. Bd. 76, S. 230.

Poggendorff's Annal. Bd. LXXVII.

Zeit; in einigen Fällen war es sogar kaum zu beenden; es zeigte sich dann, daß zwar das Alkali sehr hartnäckig zurückgehalten wurde, daß aber doch ein großer, oft der größte Theil durch langes Auswaschen der phosphorsauren Erde entzogen wird.

In diesen Fällen wird das ausgewaschene Alkali durch ein Aequivalent von Wasser ersetzt, so daß eine solche lange Zeit mit heißem Wasser ausgewaschene Verbindung zum Theil aus der noch unzersetzten ursprünglichen besteht, zum Theil aber auch aus einer neu entstandenen aus zwei Atomen Erde, einem Atom Wasser und einem Atom Phosphorsäure zusammengesetzt; beide Verbindungen miteinander gemengt oder verbunden.

Ist dann noch bei der Bereitung der Verbindung ein Uebermaafs von kohlsaurem Alkali angewandt, und die phosphorsaure Erde damit geschmolzen worden, so ist die entstandene ausgewaschene Verbindung mit größeren oder geringeren Mengen von kohlsaurer Erde gemengt.

Das Wasser, womit eine solche Verbindung ausgewaschen ist, zeigt daher nie, wenn man nicht ein Uebermaafs von kohlsaurem Alkali angewandt hat, die geringste Menge von Kohlensäure, wohl aber größere oder geringere Spuren von Alkali. Bisweilen löst sich aber auch durchs Auswaschen etwas von der phosphorsauren Erde auf, so daß in dem Waschwasser durch Reagentien die Gegenwart der Phosphorsäure und der Erde nachzuweisen ist. In diesem Falle wurde die Verbindung mit Wasser ausgewaschen, zu dem eine geringe Menge von Ammoniak zugemischt worden war.

Unter dem Mikroscope zeigten fast alle untersuchten Salze eine krystallinische Structur.

Die dargestellten, so gut wie möglich ausgewaschenen Verbindungen wurden bei 100° C. getrocknet. Ein Theil der getrockneten Verbindung wurde geglüht. In vielen Fällen entstand dadurch ein geringer Gewichtsverlust, der vom Wassergehalt herrührt, da der andere Theil des getrockneten Salzes mit Salpetersäure in einem Apparate, zur

Bestimmung der Kohlensäure, behandelt, in den meisten Fällen entweder keine, oder nur geringe kaum bestimmbare Spuren von Kohlensäure entwickelte. Nur in einigen wenigen Fällen machte die Kohlensäure, als kohlensaure Erde, einen wesentlichen Bestandtheil oder vielmehr Gemengtheil in der Verbindung aus; dann aber war auch die Menge des zur Bildung des Salzes angewandten kohlensauren Alkalis, wie schon oben bemerkt wurde, größer gewesen, als erforderlich war. In dem Aussüßungswasser waren in diesem Falle auch größere Mengen von Phosphorsäure, und der Gehalt des Alkalis in der unlöslichen Verbindung war dann um so geringer.

Die Auflösung der Salze in Salpetersäure wurde zur Trennung der Basen von der Phosphorsäure mit metallischem Quecksilber behandelt. Die Erden wurden von den Alkalien nach bekannten Methoden geschieden.

Die beschriebenen Verbindungen sind sämmtlich von Herrn Weber dargestellt und analysirt worden.

Phosphorsaure Kali-Kalkerde. Die bei 100° C. getrocknete Verbindung erlitt beim gelinden Glühen keinen Gewichtsverlust. Nach Bestimmung der Kohlensäure vermittelst Salpetersäure in einem kleinen Apparate geschah die Trennung der Basen von der Phosphorsäure, wie so eben angeführt, durch Quecksilber. Es wurden bei Anwendung von 1,810 Grm. der Verbindung erhalten:

		Sauerstoff.	
Kalkerde	32,71	9,18	} 13,51
Kali	25,59	4,33	
Phosphorsäure	39,73	22,26	
Kohlensäure	0,66		
	98,69.		

Die nach der Formel $\text{K} + 2 \text{Ca} + \text{P}$ berechnete Verbindung enthält im Hundert:

Kalkerde	32,10
Kali	26,96
Phosphorsäure	40,84
	100,00.

Durch einen sehr kleinen Ueberschufs des kohlensauren Kalis hat eine geringe Zersetzung stattgefunden, und sich etwas kohlensaure Kalkerde gebildet. Im Uebrigen stimmt die berechnete Zusammensetzung sehr gut mit der gefundenen überein.

Phosphorsaure Natron-Kalkerde. Bei einem Versuche zur Darstellung derselben war die Menge des kohlensauren Natrons gröfser gewesen, als es die berechnete Verbindung erforderte; die geglühte Masse war daher auch etwas zusammengesintert, und im Waschwasser fand sich eine ziemlich bedeutende Menge von Phosphorsäure. Dieser Versuch gab das Resultat I. Es waren dazu 1,720 Grm. angewandt worden. — Bei einem zweiten Versuche wurde zur Bildung der Verbindung genauer die erforderliche Menge des kohlensauren Natrons angewandt. Er gab das Resultat II. Zur Untersuchung wurden 1,243 Grm. genommen.

	I. Sauerstoff.			II. Sauerstoff.		
Kalkerde	40,17	11,23	} 12,60	35,27	8,56	} 14,34
Natron	5,17	1,32		19,12	5,76	
Phosphorsäure	41,39	23,19		44,90	26,28	
Kohlensäure	13,49					
	<u>100,22</u>			<u>99,29.</u>		

Die nach der Formel $\text{Na} + 2 \text{Ca} + \text{P}$ berechnete Zusammensetzung giebt im Hundert:

Kalkerde	35,43
Natron	19,63
Phosphorsäure	44,94
	<u>100,00.</u>

Mit letzterer stimmt das Resultat II. sehr gut überein.

Es wurde noch ein dritter Versuch angestellt, um zu sehen, ob beim Schmelzen der phosphorsauren Kalkerde mit einem grossen Ueberschufs von kohlensaurem Natron die mit Wasser ausgewaschene Verbindung alkalihaltig sey. Es wurden zur Analyse 0,878 Grm., bei 100° C. getrocknet, angewandt. — Es wurden erhalten:

		Sauerstoff.
Kalkerde	47,60	13,37
Natron	5,25	1,34
Phosphorsäure	33,15	18,57
Kohlensäure	9,11	6,59
Wasser	4,89	4,34
	<u>100,00.</u>	

Das Wasser ist bei diesem Versuche aus dem Verluste bestimmt worden, da es wegen der Anwesenheit der kohlensauren Kalkerde nicht durch Glühverlust gefunden werden konnte. Die Verbindung enthielt eine bedeutende Menge eingemengter kohlensaurer Kalkerde, und außer einem Atom der Verbindung $\text{Na} + 2 \text{Ca} + \ddot{\text{P}}$ beinahe 3 Atome von $\text{H} + 2 \text{Ca} + \ddot{\text{P}}$. Doch zeigt die Analyse einen größeren Wassergehalt, als einer solchen berechneten Zusammensetzung zukommen würde. Da aber derselbe nur durch den Verlust ermittelt ist, so sind darin alle kleinen Verluste der anderen Bestandtheile vereinigt.

Phosphorsaure Kali-Strontianerde. Die bei 100° C. getrocknete Verbindung gab beim Glühen keinen bemerkbaren Gewichtsverlust. Die zur Analyse angewandte Menge betrug 1,226 Grm. Es wurden erhalten:

		Sauerstoff.
Strontianerde	49,33	7,62
Kali	17,62	2,98
Phosphorsäure	34,01	19,05
	<u>100,96.</u>	

Die nach der Formel $2 \text{Sr} + \text{K} + \ddot{\text{P}}$ berechnete Zusammensetzung ist:

Strontianerde	46,59
Kali	21,24
Phosphorsäure	32,17
	<u>100,00.</u>

Der Verbindung ist durch Auswaschen Kali entzogen worden, ohne dafs sie aber Wasser aufgenommen hat, was vielleicht beim Trocknen sich verflüchtigt hatte.

Phosphorsaure Natron-Strontianerde. Es wurden zur Untersuchung 1,280 Grm. angewandt.

Die Zusammensetzung war:

		Sauerstoff.
Strontianerde	53,44	8,25
Natron	10,16	2,59
Phosphorsäure	34,61	19,39
Wasser	1,72	1,53
	<u>99,93.</u>	

Die nach der Formel $\text{Na} + 2 \text{Sr} + \ddot{\text{P}}$ zusammengesetzte Verbindung ist im Hundert zusammengesetzt aus:

Strontianerde	50,19
Natron	15,15
Phosphorsäure	34,66
	<u>100,00.</u>

Die untersuchte Verbindung entspricht sehr annähernd einer Zusammensetzung von 2 Atomen $\text{Na} + 2 \text{Sr} + \ddot{\text{P}}$ und einem Atom $\text{H} + 2 \text{Sr} + \ddot{\text{P}}$; denn eine solche wäre im Hundert zusammengesetzt aus:

Strontianerde	52,07
Natron	10,47
Phosphorsäure	35,95
Wasser	1,51
	<u>100,00.</u>

Phosphorsaure Kali-Baryterde. Diese Verbindung scheint durch Behandlung mit Wasser mehr zersetzt zu werden, als alle die bis jetzt beschriebenen. Bei der Untersuchung von 1,354 Grm. wurden erhalten:

		Sauerstoff.
Baryterde	70,23	7,34
Kali	1,55	0,26
Phosphorsäure	26,95	15,10
Wasser	2,36	2,09
	<u>101,09.</u>	

Eine nach der Formel $\text{K} + 2 \text{Ba} + \ddot{\text{P}}$ zusammengesetzte Verbindung besteht aber im Hundert aus:

Baryterde	56,33
Kali	17,36
Phosphorsäure	26,31
	<u>100,00.</u>

Es scheint, als wenn der phosphorsauren Baryterde, welche vor der Anwendung geglüht, als $\text{Ba}^2 \ddot{\text{P}}$ angewandt wurde, durch das Erhitzen mit kohlensaurem Kali nur Phosphorsäure entrissen und sie meistens in $\text{Ba}^3 \ddot{\text{P}}$ verwandelt wird. Die erhaltene Verbindung enthält außerdem noch $\text{K} + 2 \text{Ba} + \ddot{\text{P}}$ und $\text{H} + 2 \text{Ba} + \ddot{\text{P}}$.

Phosphorsaure Natron-Baryterde. Bei der Untersuchung von 0,987 Grm. der bei 100°C . getrockneten Verbindung wurden erhalten.

		Sauerstoff.
Baryterde	65,45	6,83
Natron	7,10	2,04
Phosphorsäure	26,54	14,86
Wasser	1,07	0,95
	<u>100,16.</u>	

Die nach der Formel $\text{Na} + 2 \text{Ba} + \ddot{\text{P}}$ zusammengesetzte Verbindung ist zusammengesetzt aus

Baryterde	59,85
Natron	12,28
Phosphorsäure	27,87
	<u>100,00.</u>

Die erhaltene Verbindung war also durch Wasser etwas zersetzt worden und enthielt außer $\text{Na} + 2 \text{Ba} + \ddot{\text{P}}$ noch $\text{H} + 2 \text{Ba} + \ddot{\text{P}}$ und zwar wie bei der phosphorsauren Natron-Strontianerde annähernd gegen 2 Atome der ersten Verbindung ein Atom der letzten.

Phosphorsaure Kali-Magnesia. Beim Auswaschen der mit kohlensaurem Kali geglühten phosphorsauren Magnesia ($\text{Mg}^2 \ddot{\text{P}}$) lösten sich nur geringe Mengen von phosphorsaurer Magnesia auf. Als jedoch zum Ausstüßen ammoniakalisches Wasser angewandt wurde, konnte dasselbe leicht und vollständig bewirkt werden.

1,237 Grm. von der bei 100° C. getrockneten Verbindung hatten folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.
Magnesia	28,45	11,01
Kali	22,15	3,75
Phosphorsäure	46,88	26,26
Wasser	2,52	2,23
	100,00.	

Die nach der Formel $K + 2 Mg + \ddot{P}$ zusammengesetzte Verbindung ist folgende:

Magnesia	25,85
Kali	29,48
Phosphorsäure	44,67
	100,00.

Auch bei dieser Verbindung ist beim Auswaschen Kali aufgelöst und durch Wasser ersetzt worden.

Phosphorsaure Natron-Magnesia. 0,936 Grm. der dargestellten Verbindung gaben folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.
Magnesia	34,82	13,47
Natron	11,75	3,00
Phosphorsäure	45,00	25,21
Wasser	8,13	7,20
	99,70.	

Eine nach der Formel $Na + 2 Mg + \ddot{P}$ zusammengesetzte Verbindung enthält im Hundert:

Magnesia	28,71
Natron	21,67
Phosphorsäure	49,62
	100,00.

Die dargestellte Verbindung enthält neben $Na + 2 Mg + \ddot{P}$ auch $3 Mg + \ddot{P}$. Der grofse Wassergehalt ist nicht gut zu erklären.

Phosphorsaure Lithion-Kalkerde. Es wurde zu den Versuchen ein reines kohlensaures Lithion angewandt, das frei von Natron und Kali war.

Das kohlen saure Lithion hat bekanntlich eine Eigenschaft, durch welche es sich wesentlich von dem kohlen sauren Kali und Natron unterscheidet. Schmelzt man es im Platintiegel, so wird derselbe dadurch etwas angegriffen. Er erhält einen leberbraunen Ueberzug da, wo das so leicht schmelzbare Salz mit dem Platin in Berührung gewesen ist. Unmittelbar nach der Entdeckung des Lithions legte man auf diese Eigenschaft ein grosses Gewicht, und glaubte durch sie mit Sicherheit das Lithion von den anderen feuerbeständigen Alkalien unterscheiden zu können. Nur das kohlen saure Lithion hat die Eigenschaft, beim Schmelzen auf das Platin zu wirken, nicht die übrigen so leicht schmelzbaren Lithionsalze. Man schmelzte daher früher die Verbindungen, namentlich die Silicate, in denen man die Gegenwart des Lithions vermuthete, auf Platinblech durch die Löthrohrflamme mit kohlen saurem Natron zusammen. Man hat sich aber später überzeugt, dass das Anlaufen des Platins in diesem Falle doch ein etwas unsicheres Kennzeichen auf Lithion sey. Denn reines kohlen saures Natron auf Platinblech geschmolzen, kann oft ein ähnliches Anlaufen hervorbringen. Der braune Ueberzug vom Platin verschwindet, wenn die Stelle mit Wasser gewaschen und geglüht wird, aber das Metall hat seine Politur verloren, und ist matt geworden.

Das Anlaufen des Platins beim Schmelzen mit kohlen saurem Lithion rührt davon her, dass dasselbe beim starken und anhaltenden Glühen in der That etwas Kohlen säure verliert. Das Lithion, in dem Augenblicke, in welchem es frei wird, veranlasst die Oxydation des Platins und verbindet sich mit dem Oxyde auf gleiche Weise, wie diefs beim Kali und Natron der Fall ist, wenn sie frei werden, oder wenn sie als Hydrate bei höherer Temperatur auf Platin wirken können. Die so leichte Schmelzbarkeit des kohlen sauren Lithions begünstigt das Anlaufen des Platins ungemeyn, und ist die Ursache, dass es bei weitem mehr die Oxydation des Platins veranlassen kann, als wenn kohlen saure alkalische Erden im Platintiegel heftig geglüht werden.

Der Verlust des kohlensauren Lithions an Kohlensäure, wenn dasselbe im Platintiegel geschmolzen wird, ist nicht sehr bedeutend. 0,603 Grm. desselben verloren nach jeder Glühung, im bedeckten Platintiegel, nur einige Milligramme und hatten endlich nach 6 Schmelzungen um 0,023 Grm. abgenommen. Wurde das geglühte Salz darauf beim Zutritt der Luft geschmolzen, so nahm es wiederum an Gewicht zu, doch nach mehreren Schmelzungen nur um 0,01 Grm. Beim Glühen aber mit etwas kohlensaurem Ammoniak erreichte es beinahe, aber nicht völlig das ursprüngliche Gewicht; verminderte sich aber wiederum, wenn es von Neuem im bedeckten Tiegel geglüht wurde.

Von dem kohlensauren Lithion wurde 1 Atom mit einem Atom phosphorsaurer Kalkerde ($\text{Ca}^2 \text{P}$) erhitzt. Die Kohlensäure des Lithionsalzes wurde vollständig ausgetrieben. Nach der Behandlung mit Wasser wurde im Waschwasser kein kohlensaures Salz gefunden, sondern nur geringe Mengen von phosphorsaurer Kalkerde.

Es wurden 1,594 Grm. der ausgewaschenen und bei 100°C . getrockneten Verbindung der Untersuchung unterworfen. Das Resultat war folgendes:

		Sauerstoff.
Kalkerde	41,53	11,76
Lithion	9,03	4,98
Phosphorsäure	50,69	28,39
	101,25.	

Eine nach der Formel $\text{Li} + 2 \text{Ca} + \text{P}$ zusammengesetzte Verbindung besteht im Hundert:

Kalkerde	39,58
Lithion	10,22
Phosphorsäure	50,20
	100,00.

Werden die phosphorsauren Erden mit den Chlormetallen der Alkalien geglüht, so wird aus diesen beim Zutritt der feuchten Luft Chlor als Chlorwasserstoff ausgetrieben, und es bilden sich ähnliche Verbindungen wie die beschriebenen.

Sind aber phosphorsaure Erden gemeinschaftlich mit Alkalien in sauren Auflösungen enthalten, so können erstere durch Ammoniak gefällt werden, ohne dafs der Niederschlag Alkali enthält. Auf nassem Wege bilden sich also die beschriebenen Verbindungen nicht. Es wird indessen durch die Gegenwart des entstehenden ammoniakalischen Salzes nicht die ganze Menge der phosphorsauren Erde gefällt.

Aufser den beschriebenen phosphorsauren Verbindungen scheinen sich unter gewissen Umständen auch noch solche bilden zu können, die vielleicht aus zwei Atomen eines Alkalis gegen ein Atom einer Erde und ein Atom Phosphorsäure bestehen. Sie sind im Wasser auflöslich.

Wenn eine organische Substanz verkohlt, und die verkohlte Masse mit Wasser ausgezogen wird, so enthält sehr oft der wäsrige Auszug phosphorsaure Erden, namentlich phosphorsaure Kalkerde, die sich abscheiden, wenn man bis zur Trockniß abdampft, und den trocknen Rückstand in Wasser auflöst. Die phosphorsauren Erden sind durch phosphorsaure Alkalien, mit welchen sie auflösliche Doppelsalze gebildet haben, aufgelöst worden.

Wenn man pyrophosphorsaures Natron im Uebermaafs mit kohlensaurer Kalkerde schwach glüht, oder einer Temperatur aussetzt, bei welcher die organischen Substanzen verkohlt werden, so ist in der wäsrigen Auflösung der geglühten Masse phosphorsaure Kalkerde enthalten. Man nimmt zu diesem Versuche mehr als 1 Atom, oder besser 2 Atome pyrophosphorsaures Natron gegen 1 Atom kohlensaurer Kalkerde. In dem wäsrigen Auszuge kann man die Gegenwart der Kalkerde durch Oxalsäure sogleich entdecken. Die phosphorsaure Kalkerde scheidet sich nicht gut ab, wenn man den wäsrigen Auszug bis zur Trockniß abdampft, oder durch denselben Kohlensäuregas strömen läfst, wohl aber wenn man ihn mit kohlensaurem Natron versetzt, und dann abdampft. Die abgeschiedene phosphorsaure Kalkerde enthält nach dem Auswaschen keine kohlensaure Kalkerde.

Es hat sich hier offenbar ein auflösliches Doppelsalz

von phosphorsaurem Natron und phosphorsaurer Kalkerde gebildet. Letztere scheidet sich ab, wenn ein Theil des Natrons in der Auflösung in kohlensaures Natron verwandelt wird.

Arseniksaure Kali-Magnesia. Getrocknete arseniksaure Ammoniak-Magnesia wurde so lange schwach erhitzt, daß man annehmen konnte, alles Wasser und Ammoniak sey aus ihr entfernt. Sie wurde darauf mit einem Atom kohlensaurem Kali gut gemengt und in einem Porcellantiegel stark geglüht. Die geglühte Masse, welche nicht zusammengesintert war, wurde mit Wasser ausgekocht und ausgewaschen. Das Auswaschen geschah mit Ammoniak haltigem Wasser, war aber nicht so zu vollenden, daß das Waschwasser beim Verdampfen keinen Rückstand hinterließ. In der abfiltrirten Flüssigkeit war eine große Menge Arseniksäure enthalten. Der lange ausgewaschene Rückstand, mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, gab eine starke Kohlensäureentwicklung; die Lösung aber mit Ammoniak übersättigt, erzeugte einen starken Niederschlag von arseniksaurer Ammoniak-Magnesia. Ein anderer Theil der Lösung, mit Platinchlorid und Alkohol versetzt, brachte nur einen sehr geringen Niederschlag von Kaliumplatinchlorid hervor.

Die arseniksauren Erden werden durchs Schmelzen mit kohlensauren Alkalien weit vollständiger zersetzt, als die phosphorsauren ¹⁾. Wäre eine größere Menge von kohlensaurem Kali angewandt worden, so wäre die Zersetzung eine vollständige geworden. Schon die geringe Menge des angewandten Alkalis zersetzte viel der arseniksauren Magnesia. Es hatte sich aber dennoch eine Verbindung von $K + 2 Mg + As$ erzeugt, die aber durch Wasser zerlegt ward.

Arseniksaure Natron-Magnesia. Die nach berechneten Verhältnissen gemengte und geglühte Verbindung wurde mit Wasser ausgekocht, und mit Ammoniak haltigem Wasser ausgesüßt, was leicht zu bewerkstelligen war. In dem

1) Pogg. Annal. Bd. 76, S. 540.

erhaltenen Waschwasser war keine Kohlensäure, aber eine große Menge von Arseniksäure enthalten.

Die ausgewaschene Verbindung mit Salpetersäure behandelt zeigte keine Spur von Kohlensäure. Die Lösung wurde mit metallischem Quecksilber behandelt, und dadurch die Basen abgeschieden. Zur Bestimmung der Arseniksäure wurde ein anderer Theil der Verbindung in Chlorwasserstoffsäure gelöst, die Auflösung mit Chlorammonium und mit Ammoniak übersättigt. Aus dem Niederschlage der arseniksauren Ammoniak-Magnesia wurde die Menge der Arseniksäure berechnet. In der davon abfiltrirten Flüssigkeit war keine Arseniksäure mehr enthalten. Die arseniksäure Magnesia kann also nach ihrer Auflösung in Chlorwasserstoffsäure durch Ammoniak vollständig als arseniksäure Ammoniak-Magnesia abgeschieden werden, was bei der (pyro) phosphorsauren Magnesia nicht gelingt.

Die Untersuchung von 2,565 Grm. der Verbindung gab:

		Sauerstoff.
Magnesia	24,28	9,40
Natron	11,50	2,94
Arseniksäure	57,52	19,97
Wasser	6,70	
	110,00.	

Das Wasser ist aus dem Verluste bestimmt worden. —

Die nach der Formel $\text{Na} + 2 \text{Mg} + \text{As}$ berechnete Zusammensetzung ist im Hundert:

Magnesia	22,02
Natron	16,62
Arseniksäure	61,36
	100,00.

Beim Erhitzen von arseniksaurer Magnesia und kohlen-saurem Natron ist, wie sich aus dem Resultate der Untersuchung ergibt, ein Theil von ersterer zersetzt worden; es hat sich arseniksaures Natron und kohlen-saure Magnesia gebildet, welche aber beim Glühen vollständig ihre Kohlen-säure verloren hat. Die mit Wasser behandelte Masse enthielt aber offenbar die Verbindung $\text{Na} + 2 \text{Mg} + \text{As}$, die aber zum Theil durch die Behandlung mit Wasser in $\text{H} + 2 \text{Mg} + \text{As}$ übergegangen war, und außerdem noch aus kohlen-saurer Magnesia entstandene reine Magnesia.

VIII. Mineralogische Beschreibung des Arkansits; von August Breithaupt.

Der Arkansit des Herrn Shepard, dieses neue nordamerikanische Mineral, verdient nicht nur überhaupt eine genauere mineralogische Beschreibung als man davon hat: er besitzt auch ein besonderes krystallographisches Interesse. Er läßt folgende Kennzeichen wahrnehmen.

Innen ist der Glanz stets ein halbm metallischer, der sich etwas dem metallisirenden Demantglatze nähert; äußerlich sind die Krystallflächen bald weniger, bald mehr metallisirend.

Die Farbe ist eisenschwarz. Der Strich dunkelaschgrau. Ganz undurchsichtig.

Als Primärform betrachte ich ein an den Krystallen stets vorkommendes *brachyaxes rhombisches Pyramidoëder* $P = P = 135^\circ 51'$ Neigung der Flächen an den kurzen, $95^\circ 20'$ an den langen Polkanten, und $101^\circ 19'$ an den Basiskanten. Die Basis selbst, also auch noch das nicht beobachtete primäre Prisma ∞P würde die Winkel $121^\circ 10'$ und $58^\circ 50'$ haben. Die drei Axen stehen in den Werthen zu einander $a:b:c = 1:1,668802:0,941023$.

Durch Messung wurden gefunden:

$$y = \frac{1}{2}P\infty = 124^\circ 2' \text{ am besten,}$$

$i = 2P\infty = 79^\circ 41'$ ziemlich gut, und bei P die Neigung der Flächen an der Basiskante = $101^\circ 19'$ und $101^\circ 23'$ bei schlechter Spiegelung mit geringer Genauigkeit.

Außer den schon genannten einfachen Gestalten kommen noch mit vor:

$$o = 3P\infty = 58^\circ 10'.$$

$$s = P\infty = 86^\circ 31'.$$

$$l = \infty P\infty.$$

$$n = 2P = 125^\circ 56'; 72^\circ 35'; 135^\circ 26'.$$

$P\infty$ würde = $118^\circ 8'$ seyn, ist aber noch nicht beobachtet.

Folgende Combinationen habe ich gesehen:

1. $P = P$ und $i = 2P\infty$, die gewöhnlichste, welche, bei gleicher Ausdehnung der Flächen, das Ansehen eines hexagonalen Pyramidoëders gewinnt.

2. Zu diesen zwei Gestalten kommt oft noch $l = \infty P\infty$, Figur 16, Taf. I.

3. Sehr selten tritt zu P , i und l noch $y = \frac{1}{2} P \infty$ hinzu, dessen Flächen den lebhaftesten Glanz besitzen.

4. Mit den Gestalten von 2. ist auch noch $s = P \infty$, aber selten und sehr schmal, combinirt.

5. Der größte Krystall, den die hiesige Sammlung besitzt, ziemlich $\frac{1}{2}$ Zoll groß, zeigt P , i , $n = 2P$, $o = 3P \infty$ und l .

Die Figur 17, Taf. I stellt einen schematischen Krystall dar, an welchem alle sieben beobachteten einfachen Gestalten combinirt zu sehen sind. Stellt man sich denselben ohne y und s vor, so entspricht er der Varietät 5.

Auf den Krystallflächen liegt manchmal ein dünner Ueberzug von einem schwarzen Mulme auf, der sich mit einem Messer leicht abschaben läßt, und ist dieses geschehen, dann spiegeln die meisten Flächen viel besser als erst; dieß gilt besonders von y , i und o .

Jenes von der ersten Varietät bemerkte *hexagonale Ansehen* tritt bei *rhombischen Combinationen* dann allemal ein, wenn zu einem Pyramidoëder, dessen Basis wenig von 120° abweicht, ein Doma zur Brachydiagonale von doppelter Hauptaxe kommt, also bei Combinationen wie $\frac{1}{4}P$, $\frac{1}{2}P \infty$ oder $\frac{1}{2}P$, $P \infty$, oder P , $2P \infty$, und wenn hiebei die Flächen der beiden Gestalten eine gleiche oder fast gleiche Ausdehnung haben; eine Erscheinung welche an Topasen, Weißbleierz, Witherit, Alstonit, Kupferglanz, Kymophan etc. satksam bekannt seyn dürfte. Am *Arkansit* ist diese Erscheinung um so täuschender, als die Neigungen der Flächen von P und $2P \infty$ gegen die Hauptaxe nur um $0^\circ 30'$ von einander abweichen, und die Basis auch nur um $1^\circ 10'$ größer als 120° ist. [Denkt man sich ein rhombisches Pyramidoëder mit der Basis von 120° (welches freilich nicht existirt), mit $2P \infty$ combinirt, so erhält man ein hexagonales Pyramidoëder]. Um jedoch die erste der obigen Combinationen als solche zu erkennen, dient ganz bequiem der Umstand, daß i viel besser als P spiegelt.

Noch scheint es bemerkenswerth, daß auch bei dem *Arkansit*, wie bei vielen anderen Mineralien aus derselben Abtheilung des rhombischen Krystallisations-Systemes, als z. B. beim Halochalcit, Cölestin, Schwerspath, Peridot, Kymophan, Brookit, Wolframit etc., das *flache Doma* $\frac{1}{2}P \infty$ so deutlich ausgebildet vorkommt (im Allgemeinen auch

sehr frequent), während hingegen die Domen zur Brachydiagonale fast immer sehr steile sind.

Die Spaltbarkeit ist nach keiner Gestalt deutlich, man bemerkt sie meist nur in Spuren, am besten noch beim Reflex des directen Sonnenlichts, oder des Abends bei dem eines Kerzenlichts. Sie findet statt: *primär-prismatisch* in allen Stücken wahrnehmbar, auch *brachydiagonal* und *primär-pyramidal*. Der Bruch ist *uneben*.

Die derben Massen des Minerals bilden eine ziemlich locker zusammenhängende *körnige Zusammensetzung*.

Die Härte beträgt $7\frac{1}{4}$ bis 8.

Das *specifische Gewicht* fand ich in den reinsten Bröckchen = 3,952.

Diesen Kennzeichen zufolge gehört der *Arkansit* in die Klasse der Miner und in die Ordnung der (oxydischen) Erze. In den Hellungskennzeichen zeigt er Aehnlichkeit mit den Magneteisenerzen, in der Krystallisation mit den schweren Tantaliten aus Finnland und in den Massenkennzeichen mit dem Brookit, neben welchem man ihn einordnen mag. Bei der chemischen Aehnlichkeit mit dem Brookit, an welchem ich früher (m. s. mein vollständ. Handb. d. Mineralogie Bd. III. S. 853), genaue Messungen gemacht hatte, versuchte ich nun auf verschiedene Weise die Formen des Arkansits von denen des Brookits, und umgekehrt, krystallographisch abzuleiten, habe mich aber überzeugt, dafs dies durchaus nicht geht. Man muß sie als Genera getrennt halten.

Der *Arkansit* kommt in den Stücken, welche ich gesehen, mit nichts anderem als mit einem trüben grauweißen Quarz gemengt vor, und sitzt meist auf demselben, zum kleineren Theil etwas in demselben. Beide sind mithin wohl von ziemlich cotemporärer Entstehung. Der Quarz zeigt auch nach der Richtung hin, in welcher er aufgewachsen war, hexaëdrische Eindrücke eines verschwundenen Minerals, welches vielleicht Eisenkies war. Das Ganze hat unverkennbar das Gepräge eines Vorkommens auf Gängen, und gehört wohl der Titan-Formation an, welche ich in meiner Paragenesis der Mineralien S. 137 als eine besondere genannt habe.

Der Fundort ist nahe bei den Springquellen Hot Springs im nordamerikanischen Freistaate Arkansas.